ВЕСТНИК

БАШКИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

16+

4⁽⁵²⁾
2019

ISSN 1684-7628

ОТРАСЛИ НАУК

технические

сельскохозяйственные

ветеринарные

**ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС
В КАТАЛОГЕ «ИЗДАНИЯ ОРГАНОВ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ»
ОАО АГЕНТСТВО «РОСПЕЧАТЬ»**

66024

**Каталожная цена подписки
за полугодие – 700 рублей**

Выходит один раз в квартал

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций
на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук

СОДЕРЖАНИЕ

Агрономия

- DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-6-14
Р.Ф. Абдрахманов, А.В. Комиссаров, Л.М. Хасанова, Ю.А. Ковшов
Влияние орошения животноводческими стоками
на солевой режим почв 6
- DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-15-19
Ф.Г. Бакиров
Некоторые аспекты теории беспашотной обработки почвы
в засушливой степи Оренбуржья 15
- DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-20-24
В.Л. Димитриев, Л.Г. Шашкаров, А.Г. Ложкин
Об усовершенствовании элементов в технологии возделывания
безнаркотических сортов конопли в условиях лесостепной зоны
Чувашской Республики 20
- DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-24-30
Л.М. Ишбирдина, Л.Н. Блонская, А.Ш. Тимерьянов, С.И. Конашова, С.И. Муфтахова
Флора газонов города Уфы 24
- DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-31-36
Н.И. Касаткина, Ж.С. Нелюбина, И.Ш. Фатыхов
Семенная продуктивность многолетних бобовых трав
в зависимости от способа посева 31
- DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-37-41
Н.Н. Круглова, О.А. Сельдимирова, А.Е. Зинатуллина, В.И. Никонов
Выявление засухоустойчивых генотипов пшеницы в культуре
незрелых зародышей *in vitro* 37
- DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-41-48
Н.Н. Новиков, С.В. Митрофанов, Н.Т. Сорокин, Н.Н. Грачев,
В.С. Никитин, М.М. Варфоломеева, М.Э. Денисова
Цифровая технология комплексной оценки экологической опасности
и охраны труда в сельском хозяйстве 41
- DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-48-54
Н.Н. Солодков, О.М. Молчанов
Мониторинг зарастания неиспользуемых сельскохозяйственных земель
на основе ГИС-технологий 48

Ветеринария и Зоотехния

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-54-60	
Г.Н. Федотов, М.Ф. Федотова, В.С. Шалаев, Ю.П. Батырев, И.В. Горепекин	
Развитие зерновых культур при токсикозе почв.....	54
DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-60-69	
Е.Н. Шамшурина, М.А. Комиссаров, А.П. Жидкин	
Эрозия почв в Республике Башкортостан: исторический обзор, современное состояние и перспективы дальнейших исследований	60
DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-70-73	
Р.Ю. Янбаев, М.Р. Хисматуллин, В.Ю. Янбаева, Г.Е. Одинцов	
О конкурентоспособности подростка дуба черешчатого в широколиственных лесах Южного Урала	70
DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-74-79	
Ф.Р. Валитов, И.Ю. Долматова, И.Ф. Юмагузин	
Генетическая структура пород крупного рогатого скота Республики Башкортостан по антигенным эритроцитарным факторам.....	74
DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-80-86	
В.В. Гимранов, И.Т. Гиниятуллин	
Влияние субтилиновой мази на морфологические показатели заживления ран у кроликов.....	80
DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-86-90	
А.И. Любимов, Е.Н. Мартынова, Е.В. Ачкасова	
Оценка реализации генетического потенциала быков-производителей.....	86
DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-91-94	
П.А. Попов, И.С. Осипова	
Определение биологической ценности и токсико-биологических показателей продуктов убоя при фасциолезе.....	91
DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-94-100	
Р.Ш. Фахрутдинова, И.А. Афолина, А.В. Гааг, О.А. Кинсфатор, Ю.В. Чудинова	
Особенности роста, развития бычков породы галловей в экологических условиях Томской области.....	94

Процессы и машины агроинженерных систем

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-100-105	
Р.Р. Галиуллин, Р.С. Аипов, Р.Б. Яруллин	
Эффективность облучения растений в сооружениях защищенного грунта.....	100
DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-105-111	
Р.Р. Галиуллин, Р.Б. Яруллин, И.Р. Кафиев	
Оптимизация процесса облучения растений в сооружениях защищённого грунта.....	105
DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-111-116	
Д. Джуроев, М.М. Давлетшин, Ф. Маматов, И. Тоиров, М. Халилов, А. Уришев	
Модернизация трубки Пито – Прандтля для определения давления воздушного потока	111
DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-116-123	
П.В. Дородов, М.Р. Кудрин, А.В. Костин, В.А. Николаев	
Исследование физико-механических свойств полимерно-песчаной смеси для полов коровников	116
DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-123-129	
А.А. Михайлин, В.П. Максимов	
Оценка эффективности обработки богарных склоновых земель в южных районах Ростовской области инновационным глубококорылителем ГНЧ-0,6М.....	123

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-130-134	
В.В. Новиков, Е.В. Литвинов, Н.В. Морозов, Е.А. Борисов, А.С. Грецов	
Динамические характеристики процесса измельчения виноградного сырья и их влияние на энергоемкость и производительность измельчителя	130
DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-135-140	
В.А. Солдатов, В.С. Захаров	
Определение места повреждения в сети 35 кВ с трехобмоточным питающим трансформатором по эмпирическим критериям.....	135
DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-140-147	
Р.Б. Яруллин, М.Ф. Туктаров, И.Д. Бадретдинов, С.В. Фефелова, В.Г. Байназаров	
Определение эксплуатационной надежности линейного электропривода зерноочистительной машины	140

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ

Science Index

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА

LIBRARY.RU

AGRIS

Полные тексты статей доступны на сайте электронной научной библиотеки eLIBRARY.RU:
<http://elibrary.ru> и на сайте www.bsau.ru

DOI журнала: 10.31563/1684-7628

DOI выпуска: 10.31563/1684-7628-2019-52-4

Главный редактор:	И.И. Габитов, д-р техн. наук, профессор
Заместители главного редактора:	Р.Р. Султанова, д-р с.-х. наук, профессор И.В. Чудов, д-р биол. наук, доцент
Редакционная коллегия:	Р.М. Баширов, член-корр. АН РБ, д-р техн. наук, профессор; В.В. Гимранов, д-р вет. наук, профессор; М. Грингс, проф., д-р сельского хозяйства (Германия); Б. Деген, доктор, профессор (Германия); Ф.С. Амиршоев, д-р биол. наук, профессор (Таджикистан); Р.Р. Исмагилов, член-корр. АН РБ, д-р с.-х. наук, профессор; К. Канненберг, д-р экон. наук (Польша); Ж.К. Керималиев, д-р вет. наук (Кыргызстан); С.А. Родин, д-р с.-х. наук, профессор, академик РАН (Москва); С.Г. Мударисов, член-корр. АН РБ, д-р техн. наук, профессор; Х.Х. Тагиров, д-р с.-х. наук, профессор; Н.К. Мазитов, д-р с.-х. наук, профессор, член-корр. РАН (Республика Татарстан); А.А. Стекольников, д-р вет. наук, профессор, академик РАН (Санкт-Петербург); И.О. Чанышев, д-р с.-х. наук; Ю.А. Янбаев, д-р биол. наук, профессор

Адрес учредителя,
издателя и редакции:
450001, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34
Тел./факс: (347) 228-15-11
E-mail: vestnik-bsau@mail.ru

www.vestnik.bsau.ru

ISSN 1684-7628

Редактор: **Н.А. Николаенко**
Технический и художественный редактор: **А.Е. Дереева**
Подписано в печать **16.12.2019**. Формат бумаги 60×84/8
Усл.-печ. л. **17,09**. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Печать трафаретная. Заказ **1538**. Тираж **300** экз.
РИО ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ
450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, каб. 109

© ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 2019

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе
по надзору в сфере связи,
информационных технологий
и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор),
регистрационный номер
ПИ № ФС77-67713
от 10.11.2016

CONTENTS

Agronomics

- R. Abdrakhmanov, A. Komissarov, L. Khasanova
Influence of livestock complexes wastewater irrigation
on the salt mode of soils 6
- F. Bakirov
Some theoretical aspects of no-till farming in the arid steppe
of Orenburg region 15
- V. Dimitriev, L. Shashkarov A. Lozhkin
On the improvement of technology elements of canabis sativa l. varieties
cultivation in the conditions of forest-steppe zone of the Chuvash Republic 20
- L. Ishbirdina, L. Blonskaya, A. Timeryanov, S. Konashova, S. Muftakhova
Flora of lawns in the city of Ufa 24
- N. Kasatkina, Zh. Nelyubina, I. Fatykhov
Seed productivity of perennial leguminous herbs depending
on the sowing method..... 31
- N. Kruglova, O. Seldimirova, A. Zinatullina, V. Nikonov
Identifying of drought tolerant wheat genotypes in culture
of immature embryos *in vitro* 37
- N. Novikov, S. Mitrofanov, N. Sorokin, N. Grachev,
V. Nikitin, M. Varfolomeeva, M. Denisova
Digital technology for integrated assessment of environmental hazards
and labor protection in agriculture..... 41
- N. Solodkov, O. Molchanov
Monitoring of the overgrowing of unused agricultural land based
on GIS technology 48
- G. Fedotov, M. Fedotova, V. Shalaev, Yu. Batyrev, I. Gorepekin
Grain crop growth slowdown in soil toxicosis 54
- E. Shamshurina, M. Komissarov, A. Zhidkin
Soil erosion in the Republic of Bashkortostan: a historical review,
modern state and prospects of further studies..... 60
- R. Yanbaev, M. Khismatullin, V. Yanbaeva, G. Odintsov
On competitiveness of the pedunculate oak in broad-leaved forests
of the Southern Urals 70

Veterinary and animal science

- F. Valitov, I. Dolmatova, I. Jumagusin
Genetic structure of cattle breeds of the Republic of Bashkortostan
by antigenic erythrocyte factors..... 74
- V. Gimranov, I. Giniyatullin
Effect of subtilin ointment on morphological indicators
of wound healing in rabbits 80

	A. Lyubimov, E. Martynova, E. Achkasova Evaluation of the genetic potential in stud bulls	86
	P. Popov, I. Osipova Determination of the biological value and toxico-biological parameters of the products of slaughter in fascioliasis.....	91
	R. Fakhrutdinova, I. Afonina, A. Haag, O. Kinsfator, U. Chudinova Features of growth and development of bulls of galloway breeds in ecological conditions of the Tomsk region.....	94
Processes and machinery of agroengineering systems	R. Galiullin, R. Aipov, R. Yarullin Efficiency of plant irradiation in protected ground structures	100
	R. Galiullin, R. Jarullin, I. Kafiev Optimization of the plant irrigation process in protected soil constructions.....	105
	D. Jurayev, M. Davletshin, F. Mamatov, I. Toirov, M. Khalilov, A. Urishev Improved Pitot – Prandtl tube used to measure air flow pressure.....	111
	P. Dorodov, M. Kudrin, A. Kostin, V. Nikolaev Investigation into physical and mechanical properties of polymeric sand used for cowshed flooring.....	116
	A. Mikhaylin, V. Maksimov Evaluation of treatment efficiency of rain-fed sloping land in the southern districts of the Rostov region by the innovative chisel plow ГНЧ-0,6М.....	123
	V. Novikov, E. Litvinov, N. Morozov, E. Borisov, A. Grecov Dynamic characteristics of the process of grinding grape raw materials and their impact on the energy intensity and performance of the grinder.....	130
	V. Soldatov, V. Zakharov Locating faults in a 35 kV power network operated with a three-winding feed transformer through empirical criteria	135
	R. Yarullin, M. Tuktarov, I. Badretdinov, S. Fefelova, V. Baynazarov Procedure for determining operational reliability of a linear electric drive in the grain cleaning machine	140

Editor-in-chief: I. Gabitov, Dr. tech. sci., Professor

Deputy Editor-in-chief: R. Sultanova, Dr. agr. sci.,
I. Chudov, Dr. biol. sci.

Editorial board: R. Bashirov, Corresponding Member AS RB, Dr. tech. sci., Professor; V. Gimranov, Dr. vet. sci., Professor; M. Grings, Prof. Dr. agr. habil. (Germany); B. Degen, Dr., Professor (Germany); F. Amirshoyev, Dr. biol. sci., Professor (Tajikistan); R. Ismagilov, Corresponding Member AS RB, Dr. agr. sci., Professor; K. Kannenberg, Dr. econ. sci. (Poland); Z. Kerimaliev, Dr. vet. sci. (Kyrgyz Republic); S. Rodin, Dr. agr. sci., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (Moscow); S. Mudarisov, Corresponding Member AS RB, Dr. tech. sci., Professor; H. Tagirov, Dr. agr. sci., Professor; N. Mazitov, Dr. agr. sci., Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (Republic of Tatarstan); A. Stekolnikov, Dr. vet. sci., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (St. Petersburg); I. Chanyshiev, Dr. agr. sci.; Y. Yanbaev, Dr. biol. sci., Professor

Editorial Office Address:
34, 50-letia October St.,
Ufa, 450001
Tel.: (347) 228-15-11
E-mail: vestnik-bsau@mail.ru

Publishing house FSEI HE Bashkir SAU
Printed FSEI HE Bashkir SAU
Editor: **N. Nikolaenko**
Technical editor, corrector, make-up: **A. Dereeva**

ISSN 1684-7628

© FSEI HE Bashkir SAU, 2019

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМИ СТОКАМИ НА СОЛЕВОЙ РЕЖИМ ПОЧВ

Ключевые слова: орошаемые земли; утилизируемые воды; разбавленные сточные воды; химический состав; жидкий навоз; гидрогеохимические изменения; солонцеватость.

Введение. Высокие и устойчивые показатели сельскохозяйственного производства земледелия в частности определяются плодородием почв. Научные исследования в области обеспечения плодородия почв Федеральным законом РФ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» (1998) [1] рассматриваются как одно из основных направлений агрохимического обслуживания. Плодородие почв подразумевает доступность растениям всех необходимых видов ресурсов в вегетационный период, зависящую от доступной растению влаги [2]. Поэтому важность орошаемого земледелия приобретает огромное значение.

По состоянию на 1 января 2019 г. в Республике Башкортостан числилось около 40 тыс. га орошаемых земель. Необходимо отметить, что в официально учтенные данные по орошаемым землям вошли только показатели по крупным землепользователям, а также хозяйствам, участвующим в реализации республиканской целевой подпрограммы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Республики Башкортостан в 2014–2020 годах». Кроме этого, имеются орошаемые участки в составе земель, выделенных для личного подсобного хозяйства, индивидуального жилищного строительства, ведения садоводства и огородничества, площадь которых составляет 40 668 га [3].

Источником оросительной воды [4] в республике служат не только поверхностные воды (площадь орошения, приуроченная к прудам и водохранилищам, составляет 56 %, к рекам – 29 %, к озерам – 13 %) и подземные воды, но и утилизируемые воды крупных животноводческих предприятий (разбавленные сточные воды составляют всего лишь 2 % [5]).

При этом скотоводство является одной из основных динамично развивающихся отраслей агропромышленного комплекса РБ. В 2017 г. республика занимала 1 место по поголовью КРС в России (5,5 % от общего поголовья). Наблюдается увеличение производства свиней на 6,38 %, что обусловлено вводом мощностей крупных свиноводческих инвестиционных проектов (АПК «Максимовский» в Стерлитамакском и Аургазинском районах, «БашАгро», ГУСП совхоз «Рошинский» и др.) [6, 7].

Цель исследования. Использование отходов этих производств решается важная задача по внесению органических удобрений, но одновременно может нарушаться эколого-токсикологическое и фитосанитарное состояние почв, что представляет особый интерес, так как в последние годы при оценке качества земель усиливается роль критериев, связанных с охраной окружающей среды.

Обсуждение результатов. Годовой объем стоков ГУСП совхоз «Рошинский» Стерлитамакского района (54 тысячи голов свиней) составляет 485 тыс. м³. Орошаемый массив для утилизации стоков свинокомплекс расположен на водоразделе и склонах речных долин Белой и Куганак, сложенных глинистыми породами четвертичного и неогенового возраста. В пределах массива и на сопредельных участках развиты водоносные горизонты грунтового типа в аллювиальных четвертичных отложениях долин рек и акчагыльско-апшеронских образованиях, а также напорный водоносный горизонт в базальных песках и галечниках кинельской свиты, выполняющей переуглубленную долину Палео-Белой. Горизонты грунтовых вод в четвертичных и неогеновых отложениях залегают на глубине от 0,4–1,0 до 6–7 м. Мощность их составляет 10–20 м. Поток подземных вод направлен в долины рек: гидравлические уклоны составляют 0,004–0,01, модуль дренажного стока – от 0,02 до 0,4 л/(с·га).

Наиболее водообильны пески и гравийно-галечниковые отложения, залегающие в долинах указанных рек: дебиты скважин изменяются от 1–5 до 30–40 л/с. Акчагыльско-апшеронские отложения представлены преимущественно глинистыми осадками, обладающими невысокой водообильностью и низкими фильтрационными свойствами: коэффициенты фильтрации составляют 0,15–0,5 м/сут, а водоотдача и уровнепроводность – соответственно 0,06 и 8 м²/сут.

Стоки с цехов комплекса в объеме 1300 м³/сутки поступают на головную канализационную станцию с регулирующим резервуаром (1100 м³), а затем на сепарацию. В сепараторах твердая фракция размером более 0,5 мм отделяется от жидкой и буртуется на специальных земляных площадках. Жидкая часть стока для более тонкого разделения поступает в первичный от-

стойник. В отстойнике образуется сырой осадок (ил) и осветленный сток. Осветленный сток от первичных отстойников вертикального типа идет в аэротенки для биологической очистки. Очищенные стоки далее сливаются в пруды-накопители (8 прудов с суммарным объемом 320 тыс. м³), где выдерживаются в течение 6–8 месяцев. Осветленные стоки разбавляются водой реки Белой в специальном пруде-смесителе в соотношении 1:5 и подаются на орошение.

Химический состав воды р. Белая следующий: минерализация изменяется от пресной до слабоминерализованной (от 0,6 до 1,2 г/л); щелочность – от нейтральной до слабощелочной (величина pH изменяется от 7,1 до 8,28); воды кальциево-натриевые гидрокарбонатно-сульфатные. Животноводческие стоки имеют следующие характеристики: по общей минерализации слабо- и маломинерализованные (общая минерализация изменяется в пределах 1,4–3,7 г/л), слабощелочные и щелочные (pH – от 7,44 до 8,99), натриевые, гидрокарбонатно-хлоридные. Содержание в %-экв натрия 71,5, магния – 17,1, кальция – 11,4, гидрокарбонатов – 62,7, хлоридов – 33,9, сульфатов – 3,4. Содержание в мг/дм³

ионов аммония изменялось от 333,3 до 540,8, фосфатов – от 2 до 6, нитритов – от 0,61 до 1,07, нитратов – от 8,48 до 9,50, ХПК – от 887,2 до 1175,9.

Ирригационные характеристики утилизируемых животноводческих стоков варьировали в следующих пределах: ирригационный коэффициент изменялся от 0,5 до 2,7, что классифицирует животноводческие стоки как плохого ($K < 1,2$) и неудовлетворительного ($K = 1,3–6,0$) качества; показатель вторичного осолонцевания SAR изменялся в пределах 2,6–16,6, что определяет низкую ($SAR < 10$) и среднюю ($SAR = 10–18$) опасность вторичного осолонцевания почвы; показатель содового засоления составлял 7,3–26,6, что показывает существование высокой опасности ($NaHCO_3 > 2,5$) содового засоления почвы.

Оросительная система по утилизации стоков свиноводческого комплекса построена и введена в эксплуатацию в 1981 году. В ее состав входят оросительная сеть, три насосных станции и дождевальная техника. В настоящее время утилизация стоков производится дождевальными машинами «ОСМИС».

Рисунок 1
Утилизация животноводческих стоков на полях ГУСП совхоз «Рошинский»
при помощи дождевальной машины ОКМИС

Границами оросительной системы являются: с севера – населенный пункт Михайловка и Чувашский Куганак, с востока и юга – железная дорога, с запада – территория свиноводческого комплекса. Общая площадь оросительной системы составляет 738 га. Площадь утилизации в настоящее время составляет 150 га. На двух участках оросительной системы с неглубоким залеганием грунтовых вод построен закрытый горизонтальный дренаж. В качестве дрен используются поливинилхлоридные трубы диаметром 200 мм, заложенные на глубине 1,5–2,0 м. Междренные расстояния составляют 35–50 м. Собиратели сделаны из гончарных труб диаметром 250 мм. Коллекторы из асбестоцементных труб диаметром 400 мм. Из коллекто-

ров дренажные воды поступают в сборные железобетонные колодцы, а оттуда по открытым каналам в водоприемник – реку Куганак. Утилизация стоков происходит в период с мая по июль на паровых полях, в августе на полях после уборки озимых культур, а в сентябре и октябре – на полях после уборки яровых культур.

По нормам необходимая площадь для утилизации стоков свиного комплекса ГУСП совхоз «Рошинский» составляет 1500 га, а с учетом шестимесячного хранения и годовой дозы внесения N:P:K при соотношениях 300:150:300 действующего вещества на гектар – 870 га [8]. Из этого следует, что почва на участке утилизации испытывает большую экологическую нагрузку.

Приведем результаты ранних исследований (период 1987–1997) орошения земель Рошинского свиного комплекса разбавленными сточными водами.

Почвенный покров участка, предназначенного для утилизации животноводческих стоков, представлен черноземами выщелоченными среднегумусными тяжелосуглинистыми. Метровый слой почвы имел следующие характеристики (до орошения): уровень кислотности (рН) 5,7–6,7; гидролитическая кислотность 0,35–2,1 мг-экв/100 г; плотность – 2,59–2,74; объемная масса – 1,0–1,08 г/см³, скважность – 60–61,5 %. Концентрация почвенных растворов колебалась от 0,071 до 0,096 % (на глубине менее 5 м) с преобладанием Са(НСО₃)₂.

Высокие значения емкости поглощенного комплекса почв (50 мг-экв/100 г) объясняются содержанием алюмосиликатов групп монтмориллонита и гидрослюд (до 95 %) глинистой фракции и физико-химическими условиями верхней части зоны гипергенеза, где происходит постоянная генерация обменных катионов за

счет разрушения минералов и образования новых коллоидов. Катионы Са²⁺ имеют преобладание – до 98 %. Высокая величина отношения гСа/гNa (42–52) свидетельствует о континентальном облике поглощенных оснований.

Химический состав утилизируемых сточных вод представлен в таблице 1, его разнообразие обусловлено как составом жидкого навоза, так и составом дезинфицирующих средств, используемых для гидросмыва. По соотношению между ионами они относятся к содовому типу (гНСО₃/гСа + гMg до 10). Стоки разбавляются в 4–5 раз водой р. Белой (таблица 2, № 32) и на массив орошения поступают с минерализацией 1,5–1,8 г/л (таблица 2).

Интенсивное применение разбавленных сточных вод вызвало значительные гидрогеохимические изменения почв. С оросительной водой в почву поступает аммоний (до 200–220 мг/л), хлор (550 мг/л), натрий и калий (110 и 45 мг/л), фосфор (71 мг/л) и другие компоненты. В почвогрунтах из соединений азота преобладающей является аммонийная форма [9–11].

Таблица 1 Химический состав стоков ГУСП совхоз «Рошинский»

№ пробы	Дата	Главные компоненты, мг/л, мг-экв/л, % экв												Σ ионов г/л	рН
		НСО ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	SiO ₃ ³⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺		
1	04.06.1987	2928	24,7	808,0		8,0		40,0	88,2	12,2	496,1	345,2	800,0	5,5	7,1
		48,0	0,51	22,79	–	0,13	–	1,05	4,4	1,0	21,6	8,9	44,4		
		66,2	0,7	31,4		0,2		1,5	5,5	1,2	26,9	11,1	55,3		
2	06.02.1989	1360	194,2	228,4	10,0	325	71	39,5	152,3	43,8	253,9	385,7	275,0	3,14	7,18
		22,3	4,04	0,81	0,16	7,05	2,24	1,04	7,6	3,6	11,0	9,87	15,2		
		59,2	10,7	2,2	0,4	18,7	6,0	2,8	161	7,6	23,3	20,8	32,2		

Таблица 2 Химический состав природных вод в районе утилизации стоков ГУСП совхоз «Рошинский»

№ пробы по	Место взятия пробы, глубина, м	Сумма ионов, г/л	Ингредиент, мг/л, % экв										рН	Индекс воды
			НСО ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺		
	оросительная вода	1,7	580	12,4	553	0,4	2,8	98,2	28	11	44,3	220	7,6	CClNaCaNH ₄
			37,4	1,0	61,4	0,04	0,2	19,3	9,1	19,0	4,5	48,1		
7	кол., д. Кутанак, 2,5	2,7	873	356	142	12	654	513	77,8	80,4	39,7	0,3	7,1	SNO ³ C _{111a}
			39,2	20,3	10,9	0,7	28,9	70,1	17,5	9,6	2,8	0,005		
16	скв., 2км ЮВ д. Черкасы, 4,2	1,1	537	69,3	156	н.о.	49,1	144	63,2	18,9	0,7	40	7,4	ClC ^{MgCa} _{111a}
			57	9,3	28,5		5,2	46,6	33,8	6,3	0,1	14,3		
21	скв., 0,5 км С д. Рошинский, 1,7	0,8	564	24,7	7,1	н.о.	н.о.	96,2	43,9	22,2	6,9	45	8,4	C ₁ ^{NH₄} MgCa
			92,9	5,1	2,0			39,9	29,9	8,1	1,5	20,6		
23	скв., д. Рошинский, 0,6	1,4	595	172	190	н.о.	86,6	265	35,3	92,5	1,2	н.о.	7,3	ClC ^{NaCa} _{111a}
			48,6	17,8	26,7		6,9	65,5	14,4	20	0,1			
32	р. Белая	0,6	131	53,3	214	н.о.	19,6	105	13,3	68,1	–	–	8,0	CCl ^{NaCa} _{111a}
			22,3	11,6	62,8		3,3	56,4	11,7	31,9				

В последующем потеря ионов аммония, натрия и калия почвой происходит в результате или переноса в грунтовые воды при близком (до 2–3 м) их залегании, или поглощения обменным комплексом (ПК) грунтов.

В целом обменная способность грунтов определяется их дисперсностью и минералогическим составом. При поступлении большого количества натрия, калия и аммония с оросительной

водой в почвогрунтах происходит замена поглощенного кальция на натрий, калий и аммоний. При этом происходит следующая реакция:

Натрий, переходя в поглощенный комплекс, диспергирует грунт и резко снижает его водопроницаемость (до 1–2 порядков).

Обменно-адсорбционные процессы в общем случае идут в направлении насыщения ПК кати-

онами с высокой энергией поглощения (Ca^{2+} , Mg^{2+}) и накопления в растворе ионов с меньшей адсорбционной активностью (Na^+ , K^+). Вместе с тем ионообменные явления в соответствии с принципом электронейтральности системы твердая фаза – раствор подчиняются закону действующих масс, вследствие чего носят обратимый характер. Поэтому если в равновесном с ПК растворе увеличивается концентрация натрия и аммония, то он способен вытеснить из ПК часть адсорбированного кальция.

Как показало изучение адсорбционного равновесия [8], метаморфизация катионного состава раствора при взаимодействии с глиной направлена в сторону приближения его катионных отношений к таковым тех вод, с которыми эта глина ранее находилась в равновесии. Существует ряд зависимостей, отражающих соотно-

шение между концентрациями катионов в ПК и растворе. При взаимодействии одно- и двухвалентных катионов часто используется следующее уравнение:

$$\sqrt{Xa^{2+}}/Xb^{+} \rightarrow K\sqrt{Ca^{2+}}/Cb, \quad (2)$$

где $\sqrt{Xa^{2+}}$ и Xb^{+} – концентрация (в, мг-экв/100 г) катионов в ПК; $\sqrt{Ca^{2+}}$ и Cb^{+} – концентрация их в равновесном растворе; K – постоянная ионообменной адсорбции.

Параметр K не является истинной константой, поскольку его величина изменяется в зависимости от природы участвующих в реакции веществ. С учетом ионной силы почвенных растворов и активности ионов построены изотермы ионообменной адсорбции $\text{Na} \leftrightarrow \text{Ca}$; $\text{Na} \leftrightarrow \text{Mg}$ и определены коэффициенты изотерм (K) для почвогрунтов орошаемого массива (рисунок 2).

Рисунок 2

Изотермия ионообменной сорбции в начальной стадии распределения ионов

В сточных водах наряду с ионами аммония присутствует аммиак. Он образуется при разложении мочевины и сорбируется твердыми фракциями почв за счет межмолекулярных сил. В течение года (послеполивное осенне-зимнее время) в результате биохимических процессов (аммонификация, нитрификация, денитрификация) в почвогрунтах и в грунтовых водах резко снижается содержание азота. Часть азота теряется в газообразной форме (N_2 , NO_2), ежедневная потеря в атмосферу достигает 2–5 мг $\text{N} \cdot \text{м}^2$. Она увеличивается во влажные и дождливые периоды при теплой погоде. Анализ химического состава почвогрунтов, по данным водных вытяжек, свидетельствует о существенных изменениях их водно-физических свойств [3]. Полив стоками, как видно, вызывает увеличение минерализации почвенных растворов от 0,007–0,096 на неорошаемых землях, до 0,34–0,45 % (от 2,5–3,2 до 5,0–12,5 мг-экв/100 г) – на орошаемых, т. е. появляются слабозасоленные почвы (более 0,25 %). Количество HCO_3^- часто превышает 1,4 мг-экв/100 г (1,5–3,3 мг-экв/100 г), что является признаком солонцеватости.

Происходит накопление в почвах также ионов натрия, магния, кальция, появляются сульфаты, в отдельных разрезах повышается содержание хлора. Уменьшается емкость погло-

щенного комплекса – от 49,8 на неорошаемых участках до 12,8 мг-экв/100 г (таблица 3) на орошаемых. Снижение обменной способности почвогрунтов объясняется уменьшением содержания в них гумуса и изменением минерального состава и поглочительных свойств. Заметную перестройку претерпевают отношения двух- и одновалентных катионов в почвенном растворе ($r\text{Ca}^{2+}/r\text{Na}^{+} + r\text{K}^{+}$). Оно снижается от 52,0–45,4 до 14,0–9,0 мг-экв/100 г, а в породах отдельных разрезов – до 3,27 мг-экв/100 г. Известно, что ион натрия сорбируется почвой, если ее ПК отношение натрия к кальцию равно или больше 4, а при меньших соотношениях этот процесс затруднен. Это четко отражается на химическом составе грунтовых вод – появлением вод первого (содового) типа (таблица 2, № 21).

Химический состав грунтовых вод на орошаемых стоками площадях формируется под влиянием как природных, так и техногенных факторов. До орошения они имели минерализацию преимущественно 0,4–0,6 г/л гидрокарбонатного, сульфатно-гидрокарбонатного магниево-кальциевого состава, тип воды II. Под влиянием орошения сточными водами химический состав и минерализация грунтовых вод претерпевает существенные изменения по сравнению с водами первоначального состава. Повышается в

грунтовых водах содержание сульфата (от 20–40 до 150–350 мг/л), хлора (от 10–20 до 100–200 мг/л), натрия (от 10–50 до 70–100 мг/л) и других ионов. Минерализация возросла до 1,4–2,7 г/л (таблица 3, проба 7,23). Воды типа II (сульфатно-натриевого) метаморфизовались в типы IIIa (хлор-магниевого) и I (сульфатно-натриевого). Повышение в грунтовых водах ионов HCO_3^- способствовало формированию щелочной реакции среды (рН 7,5–8,4).

Важно подчеркнуть, что в подземных водах, особенно в летний период, накапливаются NO_3^-

и NH_4^+ . Обращает на себя внимание также то, что в водных вытяжках содержание хлора практически не меняется на неорошаемых и орошаемых участках, тогда как в грунтовых водах оно на орошаемых участках резко возрастает (таблица 2, пробы 7, 16, 23). Это свидетельствует о высокой миграционной способности хлор-иона. В результате орошения стоками ухудшается бактериально-санитарное состояние подземных вод: коли-индекс достигает 15–23, иногда 30–80, а общая бактериальная обеспеченность – до 103.

Таблица 3 Состав ПК глинистых пород на участке утилизации сточных вод
ГУСП совхоз «Роцинский» (скв. 22)

Глубина отбора, м	Поглощенные катионы, мг/100 г				Емкость обмена, экв/100 г	rCa ²⁺ rNa ⁺ +rK ⁺
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		
0,0–0,5	468,3 23,37 85,7	36,5 3,0 11,0	18,4 0,80 2,9	4,3 0,11 0,4	27,28	25,7
0,5–1,0	242,7 12,11 92,7	н.о.	15,4 0,67 5,1	11,3 0,29 2,2	13,07	12,6
1,0–2,0	269,1 13,43 91,9	н.о.	18,4 0,80 5,5	14,8 0,38 2,6	13,07	12,6
2,0–3,0	189,0 9,43 73,5	30,4 2,5 19,5	15,4 0,67 5,2	9,0 0,23 1,8	12,83	10,5
4,0–5,0	250,5 12,5 76,1	36,5 3,0 18,3	15,4 0,67 4,1	9,8 0,25 1,5	16,42	13,6

Таким образом, наблюдения за состоянием земель, орошаемыми разбавленными водами свиноводческого комплекса, показывает, что данное мероприятие рассматривается как критерий, связанный с охраной окружающей среды. Очищенные сточные воды, мигрируя через почвенный слой и глинистые грунты, подвергаются очистке за счет сорбции, биохимического и физико-механического поглощения. Однако при высоких нормах орошения может нарушаться эколого-токсикологическое состояние почв [9–11].

Поступление соединений азота на отдельных участках орошения превышает усвояемость их растениями и перерабатывающую способность почвогрунтов. В них происходят процессы окисления аммония до нитратов, накопление последних и поступление их в грунтовые воды. На участках орошения содержание азотистых соединений в грунтовых водах составляет (мг/л): нитрата – 2,2–189,6, аммония – 1,5–49,5, а в населенных пунктах (колодцах), расположенных ниже по гидравлическому потоку, концентрация азотистых соединений достигает 274–654 (таблица 2), что превышает фон в Волго-Камском артезианском бассейне в 10–65 раз, а ПДК – в 6–14 раз.

Второй этап исследований заключался в осуществлении мониторинга за солевым режимом почв на участке утилизации стоков животноводческого комплекса в период 2006–2010 гг. Для этой цели была проведена солевая съемка почв на основе бурения 10 скважин-срезок глубиной 1 м, из которых послойно (через 25 см) отбиралась почва для проведения химического анализа водной вытяжки (рисунок 3). Наблюдениями 2006 года было выявлено, что в почве скважин-срезок 4, 6, 7, 8 и 9 засоление отсутствует. В почве скважины 1 наблюдается сульфатно-хлоридное засоление средней степени в горизонте 25 см. В почве скважины в горизонте 50–75 см – среднее хлоридно-сульфатное. Слабая степень хлоридно-сульфатного сульфатного и засоления наблюдалась и в почве скважин 3, 5 и 10 (таблица 4).

По результатам солевого опробования метрового слоя почвы величина сухого остатка в пробах водной вытяжки в зондировочных скважинах изменялась от 0,108 до 0,438 % от веса почвы и в среднем по участку утилизации составила 0,175 % от веса почвы, что соответствует содержанию 20,5 т/га водорастворимых солей. Токсичные соли были представлены сульфатами

тами натрия (Na_2SO_4) и магния (MgSO_4), а также хлоридами MgCl_2 и NaCl . Содержание токсичных солей в метровом слое почвы изменялось: Na_2SO_4 – от 0,0055 до 0,0677 %, MgSO_4 – 0,004–0,0865, MgCl_2 – 0,003–0,0477 %, NaCl – 0,0066–0,0337 %. Содержание токсичных солей составляло в среднем 0,078 % от веса почвы или 9,13 т/га.

Проведенная в 2010 г. повторная солевая съемка выявила изменения в характере солевого режима почв как по площади участка, так и по почвенным горизонтам. Прежде всего, наблюдается повсеместное засоление (в основном слабой степени) по всей мощности метрового слоя почвы. В почвах скважин 1, 6 и 8 отмечалась средняя степень засоления верхнего горизонта. Выявлено увеличение содержания в почве легкорастворимых солей. Содержание сухого остатка в метровом слое почвы варьирует от 0,207 до 0,379 % при среднем значении 0,296 % от веса почвы. Общее количество водорастворимых солей составило 34,6 т/га. Превышение гра-

ничного значения сухого остатка для незасоленной почвы (0,25 %) в метровом слое почвы отмечается в 2010 г. в 9 точках наблюдения из 10. В 2006 году величина сухого остатка более 0,25 % наблюдалась только в 1 точке наблюдения. Концентрации токсичных солей в почвенном профиле за 5-летний период также существенно возросла. Содержание Na_2SO_4 в пробах водной вытяжки 2010 года варьировало от 0,0075 до 0,4024 %, MgCl_2 – от 0,0031 до 0,061 %, MgSO_4 – от 0,0053 до 0,0645 %. Хлорид натрия в почве отсутствует. В почвенном профиле появились новые токсичные соли: карбонаты и гидрокарбонаты магния и натрия. Содержание Na_2CO_3 в пробах почвы изменяется от 0,0042 до 0,0254 %, NaHCO_3 – от 0,0104 до 0,0739 %, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ – от 0,0117 до 0,0322 %. Общее количество токсичных солей составило 18,7 т/га. Согласно нашим расчетам, общее количество водорастворимых солей в метровом слое почвы с 2006 по 2010 гг. возросло на 14,2 т/га, в том числе токсичных солей – на 9,57 т/га.

Рисунок 3

Расположение зондировочных скважин на участке утилизации животноводческих стоков ГУСП совхоз «Роцинский»

Таблица 4 Солевой режим почв, орошаемых животноводческими стоками, в ГУСП совхоз «Рощинский» Стерлитамакского района Республики Башкортостан за период 2006–2010 гг.

Почвенный горизонт, см	Год наблюдений	Номер скважины									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0–25	2006	среднее СФХ	слабое СФ	слабое ХСФ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ
	2010	среднее СФ	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ	среднее СФ	слабое СФ	среднее СФ	слабое СФ	слабое СФ
25–50	2006	НЗ	слабое СФ	слабое СФ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ
	2010	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ	среднее СФ
50–75	2006	НЗ	среднее ХСФ	НЗ	НЗ	слабое СФ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ
	2010	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ	среднее СФС	НЗ	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ
75–100	2006	НЗ	НЗ	слабое СФ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	НЗ	слабое СФ
	2010	НЗ	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ	сильное СФС	НЗ	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ	слабое СФ

Примечание: типы засоления: СФ – сульфатный; СФХ – сульфатно-хлоридный; ХСФ – хлоридно-сульфатный; СФС – сульфатный с участием соды, НЗ – не засолен.

Анализ вертикального распределения засоления показывает, что происходит процесс прогрессивного засоления орошаемых земель. Причем солевой максимум отмечается в верхнем горизонте на тех участках, где утилизация животноводческих стоков производилась в текущем году. В местах прошлогодней утилизации стоков солевой максимум смещается вниз по почвенному профилю, т. е. наблюдается процесс естественного рассоления верхнего горизонта почвы.

Выводы. Утилизация животноводческих стоков свиного комплекса «Рощинский» на орошаемых землях совхоза привела к накоплению общего количества легкорастворимых, а также токсичных солей в верхнем метровом горизонте почвы. Кроме того, утилизация животноводческих стоков повлияла и на химический состав грунтовых вод. В начале вегетационного периода (май 2010 г.) грунтовые воды на орошаемом участке залегали на глубине 1,5–3,0 м и характеризовались следующими показателями: концентрация растворенных веществ по сухому остатку составляла от 566 до 652 мг/дм³; рН изменялся от 8,01 до 8,24; из ионов солей в анионном составе преобладали гидрокарбонат-ион и хлор-ион, а из катионов – натрий и кальций. К

окончанию вегетационного периода (сентябрь 2010 г.) грунтовые воды залегают на глубине 2,3–5,2 м; сухой остаток повысился до 1500–1760 мг/дм³, рН составил 8,23–8,27. Среди анионов преобладали гидрокарбонаты и сульфаты, а в катионном составе – натрий и магний.

Утилизация животноводческих стоков в ГУСП совхоз «Рощинский» привела к сезонному повышению минерализации грунтовых вод. Для предотвращения дальнейшего развития процессов засоления утилизацию животноводческих стоков необходимо чередовать с сезонными профилактическими промывками почвы водами реки Белой в осенний период в количестве 5000–6000 м³/га на фоне закрытого горизонтального дренажа. Уменьшить степень экологической нагрузки на почву можно увеличением площади утилизации животноводческих стоков до проектной и включением в севооборот солеустойчивых культур, а также культур, требующих больших поливных норм и обладающих высокой транспирационной способностью. С целью обеспечения экологической безопасности территории и прилегающих к ГУСП совхоз «Рощинский» водных объектов необходимо продолжить мониторинг почв, грунтовых и оросительных вод.

Библиографический список

1. О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения [Текст]: Федеральный закон Российской Федерации от 16 июля 1998 г. N 101-ФЗ.

2. Мустафин, Р.Ф. Влияние рельефа на запасы снежного покрова и влаги на лесных почвах [Текст] / Р.Ф. Мустафин, И.К. Хабиров, Р.Р. Султанова, А.Р. Раянова // Вестник Орен-

бургского государственного университета. 2017. № 6 (206). С. 85–89.

3. Ишбулатов, М.Г. Землепользователи орошаемых земель [Текст] / М.Г. Ишбулатов, А.В. Комиссаров, Б.Н. Батанов, Г.В. Гумерова // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2017. № 5 (148). С. 15–19.

4. Абдрахманов, Р.Ф. Орошение многолетних трав и овощных культур водами повышенной минерализации [Текст] / Р.Ф. Абдрахманов, Л.М. Хасанова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (46). С. 7–16.

5. Ковшов, Ю.А. Классификация оросительных вод Республики Башкортостан [Текст] / Ю.А. Ковшов, А.В. Комиссаров // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 3 (4). С. 1311–1314.

6. Об утверждении Стратегии развития мясного скотоводства в Республике Башкортостан на 2019–2030 годы [Текст]: Постановление правительства Республики Башкортостан от 15 февраля 2019 года N 77.

7. Азнагулов, Д.Р. Технологии получения органических удобрений путем компостирова-

ния твердых коммунальных отходов [Текст] / Д.Р. Азнагулов, Н.С. Минигазинов, Л.М. Хасанова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (45). С. 9–15.

8. Предложения по улучшению эксплуатации оросительных систем с использованием очищенных сточных вод свиноводческого комплекса «Рощинский» Стерлитамакского района Башкирской АССР [Текст]. Свердловск, 1986. С. 17–35.

9. Абдрахманов, Р.Ф. Гидрогеоэкология Башкортостана [Текст]: монография / Р.Ф. Абдрахманов. Уфа: Информреклама, 2005. 344 с.

10. Багаутдинов, Ф.Я. Гумусовое состояние чернозема типичного и урожайность культур при различных системах обработки почв [Текст] / Ф.Я. Багаутдинов, Л.И. Салищев, Т.Т. Гарипов, Х.Ф. Фаизов // Агрохимия. 1992. № 6. С. 64.

11. Багаутдинов, Ф.Я. Обновление компонентов гумуса серой лесной почвы и чернозема типичного при длительной гумификации меченных по углероду растительных остатков [Текст] / Ф.Я. Багаутдинов // Почвоведение. 1994. № 2. С. 50.

Сведения об авторах

1. **Абдрахманов Рафил Фазылович**, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры природообустройства, строительства и гидравлики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, главный научный сотрудник, Институт геологии – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, e-mail: hydro@ufaras.ru.

2. **Комиссаров Александр Владиславович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кадастра недвижимости и геодезии, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, e-mail: alek-komissaro@yandex.ru.

3. **Хасанова Луиза Маратовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, строительства и гидравлики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, e-mail: luizamaratowna@yandex.ru.

4. **Ковшов Юрий Алексеевич**, главный гидрогеолог, Федеральное государственное бюджетное учреждение Управление «Башмелиоводхоз», e-mail: kowshov.iury@yandex.ru.

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур предполагает внесение в почву не только минеральных, но и органических удобрений. Особую актуальность в настоящее время имеет утилизация навоза крупных животноводческих комплексов на прилегающих полях в сочетании с орошением. Это позволяет, с одной стороны, уменьшить нагрузку на очистные сооружения, а с другой стороны, улучшить плодородие почв прилегающих сельхозугодий. В статье изложены результаты мониторинга гидрогеолого-мелиоративного состояния земель в ГУСП совхоз «Рощинский» Стерлитамакского района Республики Башкортостан, орошаемых сточными водами животноводческого комп-

лекса. Выявлено, что за периоды с 1987 по 1997 гг. полив стоками вызывал увеличение минерализации почвенных растворов с 0,007–0,096 до 0,34–0,45 ‰. Произошло накопление в почвах ионов натрия, магния, кальция, сульфатов и хлора. Емкость почвенно-поглощенного комплекса уменьшилась от 49,8 до 12,8 мг-экв/100 г. Под влиянием орошения сточными водами химический состав и минерализация грунтовых вод претерпели существенные изменения. Повысилось содержание сульфатов (от 20–40 до 150–350 мг/л), хлора (от 10–20 до 100–200 мг/л), натрия (от 10–50 до 70–100 мг/л). Минерализация возросла с 0,6–0,7 до 1,4–2,7 г/л. Ухудшение свойств почв наблюдалось и в последующий пе-

риод наблюдений с 2006 по 2010 гг. Превышение граничного значения сухого остатка для незасоленной почвы (0,25 %) в метровом слое почвы отмечается в 2010 г. в 9 точках наблюдения из 10, в то время как в 2006 году – только в 1 точке наблюдения. Общее количество водорастворимых солей в метровом слое почвы с 2006 по 2010 гг. возросло на 14,2 т/га, в том числе

токсичных солей – на 9,57 т/га. Для предотвращения дальнейшего развития процессов засоления утилизацию животноводческих стоков необходимо чередовать с сезонными профилактическими промывками почвы на фоне закрытого горизонтального дренажа, а также увеличить площадь орошаемого участка и включить в севооборот солеустойчивые культуры.

R. Abdrakhmanov, A. Komissarov, L. Khasanova, Yu. Kovshov

INFLUENCE OF LIVESTOCK COMPLEXES WASTEWATER IRRIGATION ON THE SALT MODE OF SOILS

Key words: *irrigated land; utilized water; diluted wastewater; chemical composition; liquid manure; hydrogeochemical changes; salinity.*

Authors' personal details

1. **Abdrakhmanov Rafil**, Doctor of Geological and Mineral Sciences, Professor of the Environmental Engineering, Building and Hydraulics Chair, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Chief Researcher, Institute of Geology – separate structural unit of the Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, e-mail: hydro@ufaras.ru.

2. **Komissarov Alexander**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of department of the Inventory of the Real Estate and Geodesy Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», e-mail: alek-komissaro@yandex.ru.

3. **Khasanova Luisa**, Candidate of Technical Science, Assistant Professor of the Environmental Engineering, Building and Hydraulics Chair, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», e-mail: luizamaratowna@yandex.ru.

4. **Kovshov Yuri**, chief hydrogeologist, Bashmeliovodkhoz, e-mail: kowshov.iury@yandex.ru.

Increasing crop yields involves the introduction of not only mineral, but also organic fertilizers into the soil. The disposal of manure of large livestock complexes in adjacent fields in combination with irrigation is of particular relevance at present. This allows, on the one hand, to reduce the load on treatment facilities, and, on the other hand, to improve the soil fertility of adjacent farmland. The article presents the results of monitoring the hydrogeological and reclamation state of the lands in the state farm «Roschinsky» in the Sterlitamak district of the Republic of Bashkortostan irrigated with wastewater from the livestock complex. It is revealed that for the periods from 1987 to 1997 irrigation with wastewater caused an increase in the mineralization of soil solutions from 0,007–0,096 to 0,34–0,45 %. The accumulation of sodium, magnesium, calcium, sulfate and chlorine ions in soils took place. The capacity of the soil-absorbed complex decreased from 49,8 to 12,8 mEq/100 g. Under the influence of irrigation with sewage, the chemical composition and

salinity of the groundwater underwent significant changes. The content of sulfates (from 20–40 to 150–350 mg/l), chlorine (from 10–20 to 100–200 mg/l), sodium (from 10–50 to 70–100 mg/l) increased. The mineralization increased from 0,6–0,7 to 1,4–2,7 g/l. The deterioration of soil properties was also observed in the subsequent observation period from 2006 to 2010. Exceeding the boundary value of the dry residue for non-saline soil (0,25 %) in the meter soil layer was noted in 2010 at 9 out of 10 observation points, while in 2006 – only at 1 observation point. The total amount of water-soluble salts in a meter layer of soil from 2006 to 2010 increased by 14,2 t/ha, including toxic salts by 9,57 t/ha. To prevent the further development of salinization processes, the disposal of livestock stocks must be alternated with seasonal preventive leaching of the soil against a background of closed horizontal drainage, as well as increasing the area of the irrigated area and including salt-resistant crops in the rotation.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ БЕСПАХОТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЗАСУШЛИВОЙ СТЕПИ ОРЕНБУРЖЬЯ

Ключевые слова: плодородие почвы; дифференциация пахотного слоя; минимизация; обработка почвы.

Введение. При применении безотвальных обработок почвы, особенно мелких и нулевых, происходит дифференциация пахотного слоя на прослойки, отличающиеся по физическим параметрам и содержанию питательных веществ [1], более выраженная, чем она формируется через 2–3 месяца после вспашки [2]. На то, что бесменное применение плоскорезных обработок в течение 4–5 лет приводит к расслоению пахотного слоя, когда плодородие 20–30 см в сравнении с 0–10 см слоем снижается в 2 раза, указывают учёные Оренбургского НИИСХ [3]. С возникновением дифференциации пахотного слоя согласны многие учёные, занимавшиеся изучением этого вопроса. Разногласия имеются в оценке данного явления. Мальцев Т.С. [4], Шикун Н.К. [5] и другие считают, что расположение прослоек с более высоким плодородием верхнего слоя, является наиболее благоприятным для сохранения, повышения плодородия почвы и произрастания растений. Поэтому они рекомендуют обрабатывать почву безотвальными орудиями. Вильямс В.Р. [6], Буров Д.И. [7], Витер А.Ф. [8] и др. считают, что создание гомогенного пахотного слоя с одинаковым уровнем плодородия прослоек благоприятно сказывается на плодородии почвы и урожайности культур. Отсюда необходимость ежегодного обрабатывания и перемешивания почвы путем ее вспашки. Наиболее детальное изучение этого вопроса было проведено С.С. Сдобниковым [9]. Он доказал, что уже на второй год после вспашки показатели плодородия нижнего слоя по сравнению с верхним при безотвальной обработке снижается более чем вдвое. На шестой год различия в нитрификационной способности почвы возрастали до 3,3 раза, а по урожайности пшеницы – до 4,2 раза. Создавшееся прямое гетерогенное строение пахотного слоя в засушливых степных районах приводит к снижению урожая из-за пересыхания верхнего слоя почвы и недоступности для растений элементов питания. В нижнем 10–20 см слое почвы влага сохраняется до середины июля. Складывается неблагоприятное сочетание: наибольшие запасы доступных форм питательных веществ содержатся

в верхнем слое, а более благоприятный водный режим – в нижнем. На основании этого ученый разработал теоретическую концепцию о преимуществе обратного гетерогенного строения пахотного слоя и предложил новую систему минимально-ярусной обработки почвы. Суть ее в том, что через 3–4 года между мелкими и безотвальными обработками, а также при внесении органических удобрений проводится вспашка, чтобы обогащенный питательными веществами верхний слой поместить в нижнюю, более увлажненную часть пахотного слоя, где питательные вещества будут наиболее доступны растениям.

Разногласия в вопросе эффективности верхнего, наиболее плодородного слоя почвы связаны с природно-зональной разнородностью мест исследований или же по сути одинаковой на тот момент технологией подготовки почвы к посеву культур, приводящей к её иссушению [10]. Обратное гетерогенное состояние пахотного слоя почвы, когда наиболее плодороден верхний слой почвы, по нашему мнению, естественен и максимально близок к природному состоянию почвы. А проблема заключается в отсутствии способов (технологий), обеспечивающих эффективное использование корневой системой растений верхнего 0–10 см слоя в условиях засушливой степи. Теоретическая база для этого не разработана.

С учётом этого была поставлена **цель:** разработать теоретическую основу способов повышения эффективности верхнего плодородного слоя чернозема сухостепной зоны Оренбуржья, формирующегося в результате дифференциации пахотного слоя под влиянием беспашотных способов обработки почвы и естественных факторов почвообразования.

Условия, материалы и методы исследования. Материалом для исследований послужили данные вегетационного эксперимента и полевого стационарного опыта, заложенного в 1988 г. на учебно-опытном поле Оренбургского ГАУ. Почва – чернозем южный среднесплодный карбонатный тяжелосуглинистый – перед началом исследований в слое 0–30 см характеризовалась следующими показателями: содержание гумуса

– 4,4 %; pH – 7,8; N-NO₃ – 10,2 мг/100 г; N-NH₄ – 4,5 мг/100 г; P₂O₅ – 4,5 мг/100 г; K₂O – 35 мг/100 г. В вегетационном опыте сосуды размером 20 × 20 см заполнялись смешанными образцами почвы, отобранными в 6 точках соответствующих вариантов и слоев 0–10, 10–20 и 20–30 см. Индикатором эффективного плодородия послужил урожай зерна ячменя. Эксперименты проводились в строгом соответствии с требованиями методики полевого опыта (Б.А. Доспехов, 1968, 1979; Е.А. Аринушкина, 1970 и др.).

Результаты исследования. С целью подтверждения положения о дифференциации пахотного слоя почвы и оценки плодородия прослоек был проведен вегетационный эксперимент с черноземом южным со стационарного опыта по изучению эффективности различных систем обработки почвы в севообороте. Для исследований были взяты 4 наиболее контрастных

системы обработки почвы (таблица 1), где за 2 ротации (12 лет) глубокие обработки в зернопаропропашном севообороте проводились на паровом поле и под кукурузу, в зернопаровом – на паровом поле и под просо. В остальные годы в контроле осуществлялась вспашка на глубину 20–22 см, в варианте 6 – безотвальная обработка на ту же глубину, в вариантах 12 и 16 – мелкие обработки чередовались с нулевой. Эти варианты мы обозначили как минимизация I и II уровня. В последнем случае нулевая обработка проводилась 6 раз из 10. Исследования показали, что замена вспашки безотвальным рыхлением не приводит к разнокачественности слоев почвы по плодородию.

Урожайность ячменя колебалась в пределах 4,39–4,45 г/сосуд, хотя в целом и по слоям пахотного слоя наблюдалось снижение эффективного плодородия по отношению к контролю (таблица 2).

Таблица 1 Часть вариантов из схемы стационарного опыта в учебно-опытном поле Оренбургского ГАУ

№ поля	Культура, пар	Способ обработки почвы в вариантах и глубина, см			
		1	6	12	16
1-я ротация – зернопаропропашной севооборот					
1–2	Пар чистый – озимая рожь	В 28–30	Б 28–30	П 28–30	П 10–12
3	Яровая пшеница твердая	В 20–22	П 20–22	Нулевая	Нулевая
4	Яровая пшеница мягкая	В 20–22	П 20–22	П 10–12	Нулевая
5	Кукуруза	В 28–30	Б 28–30	Ч 38–40	Ч 38–40
6	Яровая пшеница мягкая	В 20–22	П 20–22	П 10–12	Нулевая
7	Ячмень	В 20–22	П 20–22	Нулевая	Нулевая
2-я ротация – зернопаровой севооборот					
1–2	Пар чистый – оз. пшеница	В 28–30	Б 28–30	П 28–30	Ч 38–40
3	Просо	В 25–27	Б 25–27	П 12–14	П 12–14
4	Яровая пшеница мягкая	В 20–22	Б 20–22	П 10–12	Нулевая
5	Ячмень	В 20–22	Б 20–22	Нулевая	Нулевая

Примечание: 1 – В – вспашка, Б – безотвальное рыхление стойками СибИМЭ, Ч – чизельная обработка, П – плоскорезное рыхление; 2 – 1, 6, 12 и 16 – номера вариантов в схеме стационарного опыта.

Таблица 2 Урожайность зерна ячменя в сосудах с различных слоев почвы и различных систем обработки

Слой почвы, см	Система обработки почвы			
	контроль, разноглубинная отвальная (1)	разноглубинная безотвальная (6)	минимальная	
			I (12)	II (16)
в г/сосуд				
0–10	5,43	4,40	5,53	5,63
10–20	4,18	4,45	4,17	3,91
20–30	5,02	4,39	3,36	3,49
0–30	4,88	4,41	4,35	4,34
в процентах от урожая в контроле				
0–10	100	81,0	101,8	103,7
10–20	100	106,4	99,8	93,5
20–30	100	87,4	66,9	69,5
0–30	100	90,4	89,1	88,9
в процентах от урожая в слое 0–10 см				
10–20	77,0	101,1	75,4	69,4
20–30	92,4	99,8	60,8	62,0

На вариантах минимальной обработки шла закономерная убыль плодородия от верхнего слоя к нижним. Следует отметить, что по мере снижения интенсивности основной обработки ухудшалось плодородие всего 0–30 см слоя почвы. Это подтверждается различиями в урожайности. Так на контроле она составила 4,88 г/сосуд. В вариантах с безотвальным

рыхлением, минимизацией I и II уровней произошло уменьшение урожая на 9,6; 10,9 и 11,1 % соответственно.

Наблюдается тенденция увеличения урожайности ячменя в почве с верхнего слоя на 12 и 16 вариантах. Это является следствием повышения плодородия, что подтвердили проведенные нами анализы почвы (таблица 3).

Таблица 3 Изменение плодородия пахотного слоя чернозема южного за 12 лет применения различных систем обработки почвы

Номер варианта в схеме опыта и система обработки почвы в севообороте	Слой почвы, см	Содержание гумуса, %		Содержание макроэлементов, мг/кг почвы		
		исходное (1988 г.)	в конце 2-й ротации севооборота (2000–2002 гг.)	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Разноглубинная отвальная (контроль)	0–10	4,54	4,13	16,5	40,1	410
	10–20	4,34	4,37	16,8	43,6	418
	20–30	4,42	4,21	14,0	39,0	417
	0–30	4,43	4,24	15,8	40,9	415
6. Разноглубинная безотвальная	0–10	4,54	4,73	–	–	–
	10–20	4,34	4,10	–	–	–
	20–30	4,42	4,20	–	–	–
	0–30	4,43	4,34	–	–	–
16. Минимальная II (шесть нулевых, два мелких и два глубоких рыхления)	0–10	4,54	5,04	19,5	46,8	463
	10–20	4,34	4,82	18,6	42,4	456
	20–30	4,42	4,17	10,7	40,2	420
	0–30	4,43	4,68	16,3	43,1	446
HCP ₀₅	–	0,19	0,12	2,24	3,59	10,6

Минимизация основной обработки сопровождалась повышением содержания гумуса в почве. Приращение его запасов в пахотном слое происходило за счет верхнего 0–10 см и среднего 10–20 см слоев, тогда как в нижнем 20–30 см слое содержание гумуса снижалось. При ежегодной вспашке запасы гумуса в пахотном слое снизились на 0,19 %. При минимальной системе обработки отмечалась преимущественная локализация питательных веществ в верхнем слое при общем увеличении их содержания в пахотном слое почвы. Минимизация обработки почвы в сравнении со вспашкой повышает в пахотном слое содержание структурных агрегатов на 6,6–9,8 % и количество ветроустойчивых агрегатов на 6,5–9,9 %. Причем увеличение идет в строгом соответствии с уровнем минимизации – от отвальной системы обработки почвы (1 вари-

ант) к варианту с шестью нулевыми обработками (16 вариант).

Таким образом, наши исследования подтвердили научное положение о дифференциации пахотного слоя на прослойки с наиболее плодородным по структурности, содержанию гумуса и питательных веществ верхнего 0–10 см слоя при отказе от оборота пласта.

Повышается и эффективное плодородие этого слоя, что подтверждается более высоким урожаем зерна ячменя.

Дополнение данных, приведенных С.С. Сдобниковым [9], позволяет увидеть, что урожайность яровой пшеницы, выращиваемой на почве из слоя 0–8 см, а также сумма по двум слоям после плоскорезной обработки из года в год растут (таблица 4). А по урожайности безотвальная обработка значительно превосходит вспашку.

Таблица 4 Урожайность пшеницы на сосуд (г) в зависимости от способов обработки почвы (С.С. Сдобников, 2000)

Слой почвы, см	Ежегодная вспашка (контроль)	Безотвальная обработка			
		один год	два года	пять лет	шесть лет
0–8	5,9	9,1	11,8	13,7	14,3
12–20	7,8	6,1	5,4	4,9	3,4
сумма	13,7	15,2	17,2	18,6	17,7

В полевых условиях преимущество имеет вспаханная почва с обратным гетерогенным

сложением пахотного слоя. Об этом свидетельствуют многократные проверки данного факта

С.С. Сдобниковым путем проведения полевых опытов (восемь кандидатских диссертаций).

Наши исследования показали, что минимизация обработки почвы в севообороте приводит к снижению урожайности на 10 % [11] по отношению к отвальной системе, несмотря на то, что плодородие пахотного слоя почвы в целом, особенно 0–10 см слоя, растёт.

Возникшее противоречие объясняется высыханием верхнего слоя и отсутствием в ней корней из-за этого. К иссушению слоя приводит применение системы предпосевной обработки с целью создания мульчи из рыхлой почвы, включающей боронование и культивацию на глубину не менее 6–8 см [12]. Это лишает зерновые культуры возможности образования вторичной корневой системы. Без вторичного укоренения, но при нормальном развитии первичных корней, т. е. тех корней, которые уходят глубже 8 см, урожайный потенциал зерновых культур реализуется не более чем на 60–65 % [13]. В исследованиях В.Ф. Абаимова (2004) урожай ячменя, развивающегося только на первичной корневой системе, не превышал 1,0 т зерна с 1 га [14–16]. Это многократно подтверждалось в опытах ка-

федры земледелия Оренбургского ГАУ и замечено практиками.

Существенным недостатком традиционной технологии предпосевной подготовки является ещё и то, что отсутствие корней в верхнем слое почвы не позволяет зерновым культурам эффективно использовать осадки, выпадающие во время их вегетации, которые, как правило, не превышают 5–7 мм.

В полевых опытах подтверждено, что хорошее развитие боковых корней в верхнем слое почвы значительно повышает продуктивность культур со стержневой корневой системой, например, подсолнечника.

Вывод. Создание условий для увлажнения верхнего 2–8 см слоя существенно повысит его эффективность и обеспечит прибавку урожайности зерновых культур не менее чем в 7–10 ц с 1 га. Для этого необходимо разработать технологию предпосевной подготовки почвы и посева, обеспечивающую хорошее увлажнение 2–8 см слоя почвы и создающую условия для образования вторичной корневой системы у зерновых и боковых отростков стержнекорневых культур.

Библиографический список

1. Казаков, Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье [Текст] / Г.И. Казаков. Самара: СамВен, 1997. 196 с.
2. Лебединцев, А.Н. Избранные труды [Текст] / А.Н. Лебединцев. М.: Сельхозгиз, 1960. 568 с.
3. Максютлов, Н.А. Эффективность минимальной обработки почвы в степной зоне [Текст] / Н.А. Максютлов, Г.А. Кремер, В.М. Жданов // Наука и хлеб (вопросы теории и практики): сб. научных работ НПО «Южный Урал». Оренбург, 1998. С. 131–135.
4. Мальцев, Т.С. Система безотвального земледелия [Текст] / Т.С. Мальцев. М.: Агропромиздат, 1988. 127 с.
5. Шидула, Н.К. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия [Текст] / Н.К. Шидула, Г.В. Назаренко. М.: Агропромиздат, 1990. 320 с.
6. Вильямс, В.Р. Земледелие с основами почвоведения [Текст] / В.Р. Вильямс. Изд. 4-е. М.: Сельхозгиз, 1949. 444 с.
7. Буров, Д.И. Научные основы обработки почв Заволжья [Текст] / Д.И. Буров. Куйбышев: Куйбышевское книж. изд-во, 1970. 295 с.
8. Витер, А.Ф. Изменение плодородия черноземов при их обработке [Текст] / А.Ф. Витер // Ресурсосберегающие системы обработки почвы: сб. науч. тр. под ред. академика ВАСХНИЛ И.П. Макарова. М.: Агропромиздат, 1990. С. 123–129.
9. Сдобников, С.С. Новое в теории и практике обработки почвы [Текст] / С.С. Сдобников // Земледелие. 2000. № 2. С. 4–12.
10. Бакиров, Ф.Г. Эффективность мелкого прямого посева яровой пшеницы [Текст] / Ф.Г. Бакиров, В.В. Каракулев, В.Д. Вибе // Земледелие. 2006. № 5. С. 20–21.
11. Бакиров, Ф.Г. Эффективность ресурсосберегающих систем обработки черноземов степной зоны Южного Урала [Текст]: автореф. ... д. с.-х. н. / Ф.Г. Бакиров. Оренбург, 2008. 44 с.
12. Бакиров, Ф.Г. Принципы формирования звеньев в системах земледелия, адаптированных для степной зоны Оренбуржья [Текст] / Ф.Г. Бакиров, Ю.М. Нестеренко // Известия ОГАУ. 2017. № 4 (66). С. 35–38.
13. Кумаков, В.А. Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии [Текст] / В.А. Кумаков. М.: Агропромиздат, 1988. 104 с.
14. Абаимов, В.Ф. Эколого-биологическое обоснование технологических приемов возделывания ячменя и овса в условиях степной зоны Южного Урала [Текст]: автореф. ... д. с.-х. н. [Текст] / В.Ф. Абаимов. Оренбург, 2003. 46 с.
15. Багаутдинов, Ф.Я. Гумусовое состояние чернозема типичного и урожайность культур

при различных системах обработки почв [Текст] / Ф.Я. Багаутдинов, Л.И. Салищев, Т.Т. Гарипов, Х.Ф. Фаизов // Агрохимия. 1992. № 6. С. 64.

16. Багаутдинов, Ф.Я. Обновление компонентов гумуса серой лесной почвы и чернозема

типичного при длительной гумификации меченых по углероду растительных остатков [Текст] / Ф.Я. Багаутдинов // Почвоведение. 1994. № 2. С. 50.

Сведения об авторе

Бакиров Фарит Галиуллович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБНУ «Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН», 460014, г. Оренбург, ул. Набережная, д. 29, а/я 59, тел./факс: +7 (3532) 77-06-60, e-mail: f.bakirov@mail.ru.

Предлагается теоретическое обоснование способа увеличения урожайности через повышение эффективности использования наиболее плодородного верхнего слоя почвы в технологии выращивания полевых культур в засушливой степи. Материалом для статьи послужили данные стационарного и вегетационного опытов, проведенных на чернозёме южном Оренбуржья. Установлено, что при отказе от вспашки и включении в систему обработки в севообороте мелких и нулевых приёмов за 12 лет произошла дифференциация пахотного горизонта на прослойки с более плодородным верхним слоем, характерным для целинных почв. Содержание гумуса увеличилось на 18 %, нитратного азота – на

15 % в сравнении с тем же слоем на вспашке, и на 17 % и 45 % соответственно со слоем 20–30 см. В традиционных технологиях этот слой не используется ввиду его высыхания и отсутствия в нём корней. Это не позволяет эффективно использовать осадки, выпадающие в вегетационный период, которые не превышают 5–7 мм. Необходима технология, обеспечивающая увлажнение 2–8 см слоя почвы до уровня, достаточного для образования вторичной корневой системы у зерновых и боковых отростков стержнекорневых культур. Это обеспечит прибавку урожайности зерновых на 0,7–1,0 т/га и существенно – у стержнекорневых культур.

F. Bakirov

SOME THEORETICAL ASPECTS OF NO-TILL FARMING IN THE ARID STEPPE OF ORENBURG REGION

Key words: *soil fertility; differentiation of arable layer; minimization; tillage.*

Authors' personal details

Bakirov Farit, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Orenburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 460014, Orenburg, Naberezhnaya St., 29, mail box 59, phone/fax: +7 (3532) 77-06-60, e-mail: f.bakirov@mail.ru.

The article provides theoretical substantiation for yield increase through more efficient use of the most fertile topsoil layer in field crop cultural practices in the arid steppe. The paper used findings of the stationary and field experiments conducted on the soils of the southern Orenburg Region as a basis for the study. Giving up plowing practices and use of low-till and no till methods in crop rotation for 12 years resulted in differentiation of the arable horizon into strata with a more fertile upper layer similar to virgin soils. Humus increased by 18 %, nitrate nitrogen rose by 15 % compared to the tilled layer,

and the figures increased by 17 % and 45 %, respectively, with a layer of 20–30 cm. The conventional cultural practices do not use this layer as it tends to dry out and no roots are found in it. This disrupts effective use of precipitation (no more than 5–7 mm) during the growing season. A technology ensuring water infiltration into soil (2–8 cm) is needed for developing a secondary root system in grain crops and side shoots in root crops. This will increase grain yield by 0,7–1,0 t/ha and improve root crop yields significantly.

© Бакиров Ф.Г.

ОБ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ БЕЗНАРКОТИЧЕСКИХ СОРТОВ КОНОПЛИ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Ключевые слова: конопля; сорта; урожайность; архитектура; семенная продуктивность; декапитация; норма высева; репродуктивное семя; структура продуктивности.

Введение. Конопля является источником получения экологически чистых продуктов с высокими показателями эффективности производства. Из литературных источников известно, что из неё в настоящее время можно получить более 50 тысяч видов продукции [1, 3, 5]. Поэтому в зарубежных странах она входит в круг интересов частного бизнеса, а также принятия крупных правительственных программ [2, 6]. В настоящее время лидерами по производству коноплепродукции являются Китай, Канада, Франция, Германия, Италия и США [10].

Цель исследования – оценка внедрения новых элементов технологии возделывания конопли в целях ускорения производства семян и повышения урожайности стеблей, семян и волокна.

Объекты и методы исследований. Полевой опыт был заложен в Чувашском НИИСХ на серой лесной почве среднесуглинистого гранулометрического состава, характеризующейся следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,6–2,8 (по Тюрину), сумма поглощённых оснований – 31,6–33,7 мг экв. 100 г почвы, содержание фосфора – 127–129 мг и обменного калия – 84–88 мг на 1 кг почвы (по Тюрину), pH солевой вытяжки – 5,4–5,6 [4, 7]. Объектом исследований являлись новые однодомные, безгашишные сорта конопли среднерусского типа: Диана, Ингрета, Антонио и Юлиана. В первый год исследований (2012) на четырёх пространственно-изолированных участках был создан исходный семенной материал. Посев выполнялся широкорядным спосо-

бом с нормами высева 0,1; 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,8 млн шт./га. Далее в 2013–2016 годах на четырёх пространственно-изолированных участках с удалением не менее 1,5 км друг от друга были проведены исследования. После отбора маточных растений проводилась уборка. Урожайность стеблей учитывалась методом сплошного учёта. Урожайность семян и волокна определялась методом пробного снопа.

После обмолота пробных снопов отбирались средние пробы семян. Выравненность семенного материала определялась путём разделения их на фракции с помощью решет с различным диаметром отверстий: крупные – 3,5 мм, средние – 3,0 мм, мелкие – 2,5 мм.

Обработку экспериментальных данных проводили по методике, принятой в Институте лубяных культур в 1980 г.

Результаты исследований и их обсуждение. Уместно отметить, что в Министерстве сельского хозяйства России 05.08.2011 г. при участии заинтересованных министерств и ведомств были рассмотрены пути возрождения и развития отрасли коноплеводства (протокол № 19/2600). Постановлением Правительства Российской Федерации от 14.07.2012 г. № 717 утверждена Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы, в которой предусмотрено производство льно-пеньковолокна и растительного масла в нижеследующих объёмах (таблица 1).

Таблица 1 Государственная программа производства льно-пеньковолокна и растительного масла на 2013–2020 годы

Год	Объём производства, тыс. т	
	льно-пеньковолокна	растительного масла
2013	51,5	82,0
2014	53,0	83,0
2015	54,6	83,8
2016	56,3	84,6
2017	58,0	85,7
2018	59,7	86,0
2019	61,0	87,0
2020	63,3	87,7

Исходя из вышеизложенного, нами была разработана и представлена в министерство сельского хозяйства Российской Федерации

«Программа НИТР на 2013–2020 гг. по селекции, семеноводству и производству из безнаркотических сортов конопли (*Cannabis sativa* L.)

биологически полноценных коммерческих продуктов многоцелевого направления использования». Для решения данной программы к 2020

году в Чувашской Республике общую площадь посева конопли должны довести до 16 тыс. га (таблица 2).

Таблица 2 Программа расширения посевных площадей конопли разных репродукций в Чувашской Республике на 2013–2020 годы

Год	Общая площадь посева, га	в том числе по репродукциям							
		родоначальные		оригинальные		элитные		репродукционные	
		га	%	га	%	га	%	га	%
2013	125,0	0,4	0,32	2,0	1,6	20,6	16,48	102,0	81,60
2014	510,0	1,6	0,31	8,2	1,6	84,0	16,47	416,2	81,62
2015	1100,0	4,0	0,36	18,0	1,6	181,0	16,44	897,0	81,60
2016	2600,0	8,0	0,30	42,0	1,6	426,0	16,40	2124,0	81,70
2017	5000,0	15,0	0,30	80,0	1,6	820,0	16,40	4085,0	81,70
2018	8000,0	24,0	0,30	128,0	1,6	1312,0	16,40	6536,0	81,70
2019	12000,0	36,0	0,30	192,0	1,6	1968,0	16,40	9804,0	81,70
2020	16000,0	48,0	0,30	256,0	1,6	2624,0	16,40	13072,0	81,70

Для посева будут использованы следующие сорта однодомной безгашишной конопли среднерусского типа: Диана, Сурская, Ригс, являющиеся универсальными по направлению использования; Ингрета, Марго, Диман – тонковолокнистые для использования в текстильной промышленности; Юлиана – масличного направле-

ния использования для получения растительного масла; Антонио, Игоркин, Гентус – для целлюлозо-бумажной промышленности [4].

Наши селекционные сорта пригодны для производства следующих основных видов экологически чистой биопродукции широкого народного потребления (таблица 3).

Таблица 3 Урожайность биопродукции безнаркотических сортов однодомной конопли (в среднем за 2013–2016 г.)

Основной вид продукции	Урожайность, ц/га			
	Диана	Ингрета	Антонио	Юлиана
Семена	9,6	7,4	8,8	12,6
в т. ч. сырой протеин	2,48	1,84	2,28	2,52
лизин	0,06	0,04	0,06	0,08
Масло	2,10	1,41	1,87	2,94
Жмых	6,43	5,25	5,98	8,30
в т. ч. сырой протеин	1,70	1,31	1,54	2,20
лизин	0,04	0,03	0,04	0,06
фитин	0,91	0,72	0,87	1,20
Стебли	78,6	68,2	91,7	75,8
Волокно: техническое	19,2	18,1	21,1	16,5
котонизированное	14,1	13,6	15,3	12,3
пектин	1,4	1,1	1,7	1,0
Этанол	11,8	10,3	13,8	11,4
Целлюлоза	31,4	27,3	36,7	30,3

Семеноводство будет организовано по разработанной нами новой схеме (рисунок 1).

Рисунок 1
Схема ускоренного семеноводства сортов однодомной конопли

Такой подход позволит, во-первых, осуществлять сортообновление и сортосмену через каждые три года, во-вторых, строго контролировать содержание основного наркотического вещества тетрагидроканнабинола в растениях

(варьирование по годам не более 0,01–0,03 %). Теперь любое хозяйство (фермерское, крестьянское, АО, ООО и т. д.) может заниматься возделыванием конопли, не опасаясь воздействия на человека и неприятных последствий [8–10].

В качестве основного технологического приема будет использована декапитация растений в фазе трех пар листьев (таблица 4).

Как видно, проведение декапитации в фазе трех пар листьев позволит увеличить количество сформировавшихся репродуктивных веток по сравнению с контрольным вариантом в 3,5–3,8 раза, а массу семян с растения – на 186,5–470,0 %. Следовательно, декапитация как агроприем действительно может служить основой для перевода российского коноплеводства от строго технологического ухода к новому, более эффективному [6].

Исследования, выполненные в 2013–2016 годах, показали, что для форсированного размножения родоначальных семян конопли сорта Ригс посев семян следует осуществлять с пониженной нормой высева (таблица 5).

На основании проведённых исследований приходим к выводу, что применение широко-рядного однострочного способа посева с шириной междурядий 70 см и пониженной нормой

высева семян 0,3–1,2 млн/га у растений, на которых произведена чеканка, длину соцветий может довести до 172,0–248,4 см, что на 113,6–170,0 см больше в сравнении с растениями, на которых чеканка не произведена. Тем самым декапитация даст возможность получить с каждого растения не менее 20,2–52,4 г семян, то есть выше в 3,7–4,6 раза по сравнению с недекапитированными.

Таблица 4 Влияние сроков декапитации на архитектуру и семенную продуктивность растений конопли (2013–2016 гг., $\bar{x} \pm S_x$)

Срок декапитации	Количество веток на растении, шт.	Высота растений, см	Сбег стебля	Масса семян с растения, г	В том числе по фракциям	
					крупных	средних
Сорт Ингрета						
Контроль	1,0 ± 0,0	195,7 ± 1,4	1,5 ± 0,06	5,7 ± 0,2	1,7 ± 0,1	3,1 ± 0,2
Три пары листьев	3,5 ± 0,3	184,9 ± 2,9	2,0 ± 0,02	16,3 ± 1,2	4,7 ± 0,3	7,9 ± 0,4
Начало бутонизации	3,4 ± 0,2	181,4 ± 2,3	1,8 ± 0,02	10,8 ± 0,7	3,2 ± 0,2	5,5 ± 0,3
Полная бутонизация	3,0 ± 0,2	177,9 ± 2,2	1,7 ± 0,03	7,4 ± 0,5	2,2 ± 0,2	3,9 ± 0,2
Начало цветения	2,7 ± 0,2	174,6 ± 1,9	1,5 ± 0,03	6,6 ± 0,5	2,0 ± 0,2	3,5 ± 0,2
Полное цветение	2,3 ± 0,2	172,2 ± 1,7	1,5 ± 0,05	6,1 ± 0,4	1,8 ± 0,1	3,3 ± 0,2
Сорт Диана						
Контроль	1,0 ± 0,0	206,3 ± 1,5	1,9 ± 0,07	10,4 ± 0,4	3,1 ± 0,2	5,7 ± 0,3
Три пары листьев	3,8 ± 0,3	195,7 ± 3,0	2,3 ± 0,02	29,8 ± 2,3	8,9 ± 0,5	16,4 ± 0,9
Начало бутонизации	3,4 ± 0,2	187,6 ± 2,4	2,1 ± 0,02	19,5 ± 1,2	5,9 ± 0,3	10,7 ± 0,6
Полная бутонизация	3,1 ± 0,2	182,1 ± 2,2	1,9 ± 0,03	14,4 ± 0,9	4,2 ± 0,3	7,9 ± 0,5
Начало цветения	2,8 ± 0,2	178,2 ± 1,9	1,9 ± 0,05	11,3 ± 0,8	3,4 ± 0,3	6,2 ± 0,4
Полное цветение	2,4 ± 0,2	175,6 ± 1,7	1,9 ± 0,06	10,8 ± 0,7	3,3 ± 0,2	5,9 ± 0,4

Таблица 5 Влияние норм высева и условий репродукции семян на структуру продуктивности конопли сорта Ригс (в среднем за 2013–2016 гг.)

Норма высева семян, млн/га	Применение декапитации*	Количество репродуктивных веток на растении, шт.	Высота растений, см	Длина соцветий (суммарно), см	Масса семян с растения, г
Питомник родоначальных семян					
0,1	1	1,0	294,5 ± 6,4	81,0 ± 3,8	12,0 ± 0,46
	2	5,5	277,4 ± 7,6	264,0 ± 7,2	56,2 ± 2,08
0,3	1	1,0	285,2 ± 7,1	78,4 ± 3,7	11,4 ± 0,41
	2	5,4	268,6 ± 6,7	248,4 ± 6,8	52,4 ± 1,95
0,6 (контроль)	1	1,0	277,1 ± 7,7	76,2 ± 3,6	10,3 ± 0,39
	2	5,0	261,0 ± 7,2	220,0 ± 6,0	44,5 ± 1,67
Участок оригинальных семян					
0,3	1	1,0	265,6 ± 8,3	73,0 ± 3,4	10,9 ± 0,40
	2	5,4	250,2 ± 7,8	237,6 ± 6,5	48,9 ± 1,82
0,6	1	1,0	256,0 ± 7,1	70,4 ± 3,3	9,5 ± 0,35
	2	5,0	241,0 ± 7,8	210,0 ± 5,7	41,7 ± 1,57
0,9 (контроль)	1	1,0	241,6 ± 6,0	66,5 ± 3,2	8,2 ± 0,30
	2	4,7	227,5 ± 7,9	197,4 ± 5,1	33,4 ± 0,25
Элитные посевы					
0,6	1	1,0	246,3 ± 7,6	69,0 ± 3,2	8,0 ± 0,30
	2	5,0	232,1 ± 7,8	200,0 ± 5,7	33,3 ± 1,25
0,9	1	1,0	233,9 ± 7,7	64,4 ± 3,1	6,9 ± 0,25
	2	4,7	220,3 ± 7,8	195,1 ± 5,1	27,8 ± 1,04
1,2 (контроль)	1	1,0	221,1 ± 7,9	60,9 ± 2,9	6,2 ± 0,22
	2	4,3	208,4 ± 8,0	191,1 ± 5,1	21,9 ± 0,77
Репродукционные посевы					
0,9	1	1,0	225,0 ± 7,0	61,9 ± 2,9	6,0 ± 0,22
	2	4,7	211,7 ± 7,2	188,0 ± 5,9	24,5 ± 0,88
1,2	1	1,0	212,6 ± 7,7	58,4 ± 2,8	5,4 ± 0,19
	2	4,3	200,3 ± 8,0	172,0 ± 5,8	20,2 ± 0,73
1,8 (контроль)	1	1,0	198,0 ± 7,9	54,4 ± 2,6	4,9 ± 0,18
	2	4,0	186,6 ± 8,0	148,0 ± 5,2	13,4 ± 0,50

Примечание: *1 – с декапитацией растений; 2 – без декапитации растений.

Выводы. Форсированное размножение семян сортов конопли следует организовать при нижеследующих оптимальных параметрах базовых элементов агротехники возделывания и семеноводства: в питомнике родоначальных семян при ширококормном посеве 70 см с нормой высева 0,3 млн/га и декапитацией растений в фазе трех пар листьев; на участке оригинальных семян при ширококормном посеве 70 см с нормой

высева 0,6 млн/га и декапитацией растений в фазе трех пар листьев; на элитных посевах при ширококормном посеве с нормой высева 0,9 млн/га и декапитацией растений в фазе трех пар листьев; на репродукционных посевах при ширококормном посеве 45 см с нормой высева 1,2 млн/га и декапитацией растений в фазе трех пар листьев.

Библиографический список

1. Вировец, В.Г. Конопля – культура XXI [Текст] / В.Г. Вировец, И.М. Лайко // Аграрная наука. 1999. № 11. С. 5–7.
2. Григорьев, С.В. Перспективы культуры конопли в России [Текст] / С.В. Григорьев // Лег-промбизнес. 2004. № 9. С. 34–37.
3. Димитриев, В.Л. Урожайность конопли в зависимости от агротехнических приёмов возделывания [Текст] / В.Л. Димитриев, Л.Г. Шашкаров, Д.А. Дементьев, А.А. Гурьев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (42). С. 29–34.
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов. М.: Агропромиздат, 1987. 351 с.
5. О способах репродуцирования семян однокормных безгашишных сортов конопли среднерусского типа [Текст] / В.Л. Димитриев, Л.Г. Шашкаров, А.А. Гурьев // Вестник Чувашской государственной академии. 2017. № 2 (2). С. 17–20.
6. Степанов, Г.С. Генетическая детерминированная разнокачественность репродуктивных органов у основных половых типов однокормной конопли [Текст] / Г.С. Степанов // Труды Чуваш-

ского научно-исследовательского сельского хозяйства. 2000. Том 1 (6). С. 85–93.

7. Степанов, Г.С. Ресурсный потенциал конопли и пути его эффективного использования [Текст] / Г.С. Степанов // Проблемы использования ресурсов агропромышленного производства. Материалы региональн. науч.-практ. конф. 1998. С. 47–48.

8. Степанов, Г.С. Конопля как объект для развития биотехнологий и производства нанопродуктов [Текст] / Г.С. Степанов, А.П. Фадеев, И.В. Романова // Атлас-определитель половых растений конопли. Чебоксары, 2011. С. 7–40.

9. Степанов, Г.С. О системе семеноводства безнаркотических сортов однокормной конопли [Текст] / Г.С. Степанов, А.П. Фадеев, И.В. Романова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2005. № 7. С. 32–35.

10. Шашкаров, Л.Г. Перспективы использования новых безгашишных однокормных сортов конопли для организации производства био- и нанопродуктов [Текст] / Л.Г. Шашкаров, В.Л. Димитриев, А.В. Чернов, А.А. Гурьев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 3 (41). С. 58–62.

Сведения об авторах

1. **Димитриев Владислав Львович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 428032, г. Чебоксары, ул. Карла Маркса, 29, e-mail: dimitrieff.vladislav@yandex.ru.
2. **Шашкаров Леонид Геннадьевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 428032, г. Чебоксары, ул. Карла Маркса, 29, e-mail: Leonid.shashkarow@yandex.ru.
3. **Ложкин Александр Геннадьевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 428032, г. Чебоксары, ул. Карла Маркса, 29, e-mail: lozhkin_tmvl@mail.ru.

В статье рассмотрены перспективы внедрения новых элементов технологии возделывания конопли в целях ускорения производства семян и повышения урожайности стеблей, семян и волокна. Выявлено, что форсированное размножение семян сортов конопли следует организовать при нижеследующих оптимальных параметрах

базовых элементов агротехники возделывания и семеноводства: в питомнике родоначальных семян при ширококормном посеве 70 см с нормой высева 0,3 млн/га и декапитацией растений в фазе трех пар листьев; на участке оригинальных семян при ширококормном посеве 70 см с нормой высева 0,6 млн/га и декапитацией растений в

фазе трех пар листьев; на элитных посевах при ширококормном посеве с нормой высева 0,9 млн/га и декапитацией растений в фазе трех пар листьев; на репродукционных посевах при

широкормном посеве 45 см с нормой высева 1,2 млн/га и декапитацией растений в фазе трех пар листьев.

V. Dimitriev, L. Shashkarov, A. Lozhkin

ON THE IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY ELEMENTS OF CANABIS SATIVA L. VARIETIES CULTIVATION IN THE CONDITIONS OF FOREST-STEPPE ZONE OF THE CHUVASH REPUBLIC

Key words: *hemp; varieties; yield; architectonics; seed productivity; decapitation; seeding rate; seed reproduction; productivity structure.*

Authors' personal details

1. **Dimitriev Vladislav**, Candidate of Agricultural Sciences, associate Professor of the Department of agriculture, crop production, plant breeding and seed production, Doctor of Chuvash State Agricultural Academy, 428032, Cheboksary, Karla Marksa st., 29, e-mail: dimitrieff.vladislav@yandex.ru.

2. **Shashkarov Leonid**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of agriculture, crop production, plant breeding and seed production, Doctor of Chuvash State Agricultural Academy, 428032, Cheboksary, Karla Marksa st., 29, e-mail: Leonid.shashkarow@yandex.ru.

3. **Lozhkin Alexander**, Candidate of Agricultural Sciences, associate Professor of the Department of agriculture, crop production, plant breeding and seed production, Doctor of Chuvash State Agricultural Academy, 428032, Cheboksary, Karla Marksa st., 29, e-mail: lozhkin_tmvl@mail.ru.

The article considers the prospects of introduction of new elements of hemp cultivation technology in order to accelerate the production of seeds and increase the yield of stems, seeds and fiber. It is revealed that the forced reproduction of seeds of hemp varieties should be organized at the following optimal parameters of the basic elements of agricultural cultivation and seed production: in the nursery of primordial seeds with a wide-row sowing of 70 cm with a seeding rate of 0,3 million/ha and

decapitation of plants in the phase of 3 pairs of leaves; on the site of original seeds with a wide-row sowing of 70 cm with a seeding rate of 0,6 million/ha and decapitation of plants in the phase 3 pairs of leaves; on elite crops with a wide-row sowing seeding rate of 0,9 million/ha and decapitation of plants in the phase of 3 pairs of leaves; on reproductive crops with wide-row sowing 45 cm with a seeding rate of 1,2 million/ha and decapitation of plants in the phase of 3 pairs of leaves.

© Димитриев В.Л., Шашкаров А.Г., Ложкин А.Г.

УДК 712.4 581.93

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-24-30

Л.М. Ишбирдина, Л.Н. Блонская, А.Ш. Тимерьянов, С.И. Конашова, С.И. Муфтахова

ФЛОРА ГАЗОНОВ ГОРОДА УФЫ

Ключевые слова: *газоны; анализ флоры; эколого-ценотические группы видов; спектр жизненных форм; гемеробия; активность видов.*

Введение. Газоны являются самыми распространёнными площадями озеленения. Значение газонов не ограничивается только созданием эстетичных пространств объектов ландшафтной архитектуры, газонные травянистые сообщества

выполняют важные экологические функции: задерживают пыль [7], увлажняют и очищают городской воздух [2, 3], аккумулируют тяжелые металлы [6], закрепляют почву, предотвращают эрозийные процессы. К городским газонам

относят площади, на которых были проведены мероприятия по созданию газонной дернины, это возможно путем посева газонных травосмесей, укладки рулонного газона, гидропосева на труднодоступных участках (например, откосах дорог, склонах). Однако часто после посева газонной травосмеси уход за формирующимся травяным покрытием сводится лишь к укосам, проводимым в лучшем случае раз в месяц. На таких участках, расположенных на второстепенных улицах, во дворах, на промплощадках, отсутствует полив, подкормка, землевание, известкование, что отрицательно сказывается как на общем проективном покрытии газонных трав, так и на флористическом составе данных площадей. Ослабленные газонные злаки не могут составить конкуренцию рудеральным и лугово-рудеральным видам, поэтому через несколько лет флора таких газонов обогащается за счет внедрившихся синантропных видов. Если при этом добавляются и другие антропогенные факторы – вытаптывание, засоление противогололедными реагентами, загрязнение в результате выбросов промышленных предприятий, – то на площадях, которые были когда-то засеяны газонными травами, возникают рудеральные сообщества. При изучении разнообразия флоры газонов и оценке тенденций ее динамики важную роль играет использование экологических и ценологических характеристик как некоторого многомерного признакового пространства, организованного в первую очередь условиями среды. В этом пространстве исследуются эколого-ценотические ареалы видов и виды со сходными типами ценоареалов объединяются в эколого-ценотические группы. Эколого-ценотические группы (ЭЦГ) – группы растений, сходных по отношению к совокупности экологических факторов и приуроченных к местопрорастаниям определенного типа [8].

Целью и задачами настоящей работы было изучение флоры газонов г. Уфы по видовому составу выделенных ЭЦГ. При этом для сравнения были изучены собственно сообщества газонов и рудерализованные и рудеральные площади, на которых ранее проводились работы по устройству газонов, но не обеспечивался последующий уход.

Материалы и методы исследования. Анализ флоры проводился на основе геоботанического обследования газонов города, выполненного в 2006–2008 гг. Для характеристики выделенных ЭЦГ использованы следующие признаки: спектр жизненных форм, спектр гемеробии, шкала активности видов. Соотношение разных жизненных форм растений в растительных сообществах является важным показателем

состояния растительного покрова. Жизненная форма – это комплекс морфологических признаков, связанных с ритмом развития, отражающих приспособленность вида к современным и прошлым условиям среды в целом, ко всему комплексу факторов местообитания [5]. Система жизненных форм К. Раункиера (1934) хорошо характеризует приспособленность различных видов растений к перенесению неблагоприятных погодных и климатических условий в зимний период [5]. Гемеробия видов флоры и растительных сообществ в целом отражает результат всех видов антропогенного влияния на экосистему. Чем интенсивнее антропогенное влияние, тем выше уровень синантропности видов. Уровень гемеробии растет от особо чувствительных к изменениям естественных сообществ, где полностью или частично отсутствует антропогенное влияние, через умеренно уязвимые сообщества лесов, лугов, остепненных лугов и степей с экстенсивным антропогенным влиянием и далее к сообществам, испытывающим интенсивный антропогенный пресс. Крайней стадией проявления антропогенного воздействия являются искусственные местообитания, асфальтовые или бетонные покрытия, мусорные свалки, отвалы, карьеры и другие техногенные сооружения [10–13]. При анализе флоры газонов была использована шкала гемеробии по 7 грациям [9–13]:

a – агемеробные виды, не выносят антропогенное влияние;

o – олигогемеробные виды лесов, лугов, верховых болот и т. д., выносят очень незначительное антропогенное влияние;

m – мезогемеробные виды лесов, лугов, остепненных лугов и степей, выносят экстенсивное антропогенное влияние;

b – β -эугемеробные виды лугов и лесов с интенсивным уходом, выносят эвтрофикацию, известкование, незначительное нарушение грунта;

c – α -эугемеробные виды удобряемых лугов, деградирующих лесов, полевые сорняки;

p – полигемеробные виды, выращиваются в культуре и являются типичными рудеральными растениями, выносят сильные и частые нарушения местообитаний;

t – метагемеробные виды приурочены к полностью деградировавшим экосистемам и искусственным сообществам.

Активность видов оценивалась как усредненное значение встречаемости вида на основе широты его эколого-ценотической амплитуды [1] по пятибалльной шкале. Значение баллов: 1 – вид встречается очень редко (неактивные виды – по шкале Я. Дидука [4]); 2 – вид встречается редко в нередких типах сообществ или

обыкновенен в очень редких типах сообществ (малоактивные); 3 – вид встречается довольно часто в редких типах сообществ или реже в распространенных (среднеактивные); 4 – вид встречается часто в нередких типах сообществ (высокоактивные); 5 – вид обыкновенен во многих из часто и очень часто встречающихся типах сообществ (высокоактивные).

Результаты исследования. Все разнообразие флоры газонов города можно объединить в 4 ЭЦГ, объединяющих виды со сходным характером распределения в растительных сообществах. Принадлежность вида к той или иной ЭЦГ условна и несет вероятностный характер. При низком постоянстве ценоареал большинства видов значительно шире. При отнесении вида к ЭЦГ из круга сообществ, в которых встречается вид, учитывались те, в которых вид постоянен (имеет экологический оптимум и

встречается с постоянством V–III класса). При этом у некоторых видов под влиянием антропогенных нарушений сообществ экоценоареалы могут расширяться, а у других, напротив, сужаться. Например, неофит *Elscholtzia ciliata*, встречающийся обычно в рудеральных сообществах районов города с одноэтажной застройкой, проникает и в газонные сообщества в составе высеваемых травосмесей. Таким образом, предложенная система ЭЦГ видов характеризует закономерности распределения их в условиях антропогенных нагрузок на сообщества газонов, которые сложились в Уфе.

Экоценогруппы названы по характерному представителю.

Festuca pratensis. ЭЦГ луговых видов (таблицы 1, 2), в нее включено большее количество видов из семейств Poaceae (12), Asteraceae (8), Fabaceae (6).

Таблица 1 Распределение видов флоры газонов по ведущим семействам

Семейство	ЭЦГ			
	<i>Festuca pratensis</i>	<i>Taraxacum officinale</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Bidens tripartita</i>
Poaceae	12	4	7	5
Asteraceae	8	7	8	2
Brassicaceae	1	6	4	2
Rosaceae	4	2	1	1
Caryophyllaceae	1	4	1	1
Fabaceae	6	7	1	–
Apiaceae	4	1	1	–
Lamiaceae	2	5	6	–
Polygonaceae	–	8	4	3
Ranunculaceae	4	–	–	1
Malvaceae	–	1	6	–
Amaranthaceae	–	–	7	–
Chenopodiaceae	–	–	3	5
Plantaginaceae	–	4	–	–

Таблица 2 Количественный состав ЭЦГ флоры газонов и относительная активность видов в ЭЦГ

ЭЦГ	Всего видов в ЭЦГ	Активность видов, % в ЭЦГ				
		1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
<i>Festuca pratensis</i>	51	7,8	39,2	33,3	3,9	15,7
<i>Taraxacum officinale</i>	55	5,5	20,0	38,2	14,5	21,8
<i>Chenopodium album</i>	65	29,2	24,6	30,8	6,2	9,2
<i>Bidens tripartita</i>	21	19,0	38,1	19,0	14,3	9,5

В составе видов данной ЭЦГ доминируют гемикриптофиты – 94 %.

Редко и очень редко встречается 46 % видов (*Ranunculus monophyllus*, *Sanguisorba officinalis*), 33 % видов проявляют среднюю активность (*Cenolophium denudatum*, *Knautia arvensis*, *Stellaria graminea*, *Prunella vulgaris*, *Agrostis tenuis* и др.) и лишь 19 % (10 видов) не редки или вполне обычны (*Carum carvi*, *Knautia arvensis*, *Bromopsis inermis*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *F. rubra*, *Lysimachia nummularia*, *Poa*

pratensis, *Pastinaca sylvestris* и др.). В данной ЭЦГ велика доля видов с широким спектром гемеробии – олиго-мезо-эугемеробов (35,3 %): *Pimpinella saxifraga*, *Achillea cartilaginea*, *Centaurea scabiosa*, *Inula britannica*, *Stellaria graminea*, *Trifolium hybridum*, *Glechoma chederacea* и др. Мезо-эугемеробы составляют 29,4 % (*Carum carvi*, *Trifolium pratense*, *Prunella vulgaris* и др.). Олигомезогемеробы составляют 15,7 % видов (*Centaurea scabiosa*, *Inula britannica*, *Lanthyrus pratensis*, *Lotus corniculatus* и др.).

Taraxacum officinale. Эвритопная ЭЦГ, объединяющая виды лугово-рудеральных сообществ класса Molinio-Arrhenatheretea Тх. 1937 (союза Cynosurion R. Тх. 1947.), классов Plantaginetea majoris R. Тх. et Prsg. in R. Тх 1950, Agropyretea repentis Oberd., Th. Muller et Gors in Oberd. et al. 1967, Artemisietea vulgaris Lohm. et al. ex von Rochow 1951. Наибольшую представленность в этой ЭЦГ имеют виды семейств Polygonaceae (14,5 %), Asteraceae (12,7 %), Fabaceae (12,7 %).

В спектре жизненных форм преобладают гемикриптофиты (63,65 %) и криптофиты (14,5 %). Редких и очень редких по встречаемости видов зарегистрировано 14 (*Artemisia abrotanum*, *Cynoglossum officinale*, *Rorippa sylvestris*, *Plantago urvillei*, *Rumex longifolius* и др.) Наибольшее количество видов данной ЭЦГ встречаются с баллом: 3 (21 вид.): *Barbarea vulgaris*, *Rorippa austriaca*, *Cerastium holosteoides*, *Euphorbia semivillosa*, *Mentha arvensis*, *Phlomis tuberosa* и др. Обыкновенных видов с баллом встречаемости 4 и 5 в данной ЭЦГ зарегистрировано максимальное количество относительно других групп – 16 видов: *Amoria repens*, *Taraxacum officinale*, *Achillea millefolium*, *Elytrigia repens*, *Polygonum avicularis*, *Rumex crispus* и др. В ЭЦГ преобладают мезо-эугемеробы – 38,2 % (*Picris hieracioides*, *Cichorium intybus*, *Barbarea vulgaris*, *Cerastium holosteoides*, *Oberna procumbens*, *Oberna beben*, *Euphorbia semililiosa*, *Medicago sativa*, *Amoria repens* и др.) и велика доля видов широкого спектра гемеробии: олиго-мезо-эугемеробов (12,7 %) (*Achillea millefolium*, *Medicago falcata*, *Plantago lanceolata*, *P. media*, *Agrostis stolonifera*, *Rumex acetosella* и др.) и эуполигемеробов (12,7 %) (*Poa annua*, *Rumex confertus*, *R. thyrsoflorus*, *Polygonum neglectum* и др.). В состав видов данной ЭЦГ включено 9 неофитов (*Lathyrus tuberosa*, *Medicago sativa*, *Lavatera thuringiaca*, *Lolium perenne* и др.) и 1 археофит (*Convolvulus arvensis*).

Chenopodium album. Эвритопная ЭЦГ видов сообществ начальных стадий сукцессий с преобладанием однолетников порядков Sisymbrietalia J. Тх. in Matuszkiewicz 1962 и Polygono-Chenopodietalia J. Тх. in Lohmeyer et al. 1962. Такие сообщества возникают на площадях, подготовленных для создания газонов, но не засеянных газонными травосмесями, или засеянных газонными травами с очень плохой всхожестью. Т. е. на свежих нарушенных местообитаниях или на площадях со свежезавезенным грунтом.

Наибольшее количество видов представлено в семействах Asteraceae (12,3 %), Amaranthaceae (10,7 %), Poaceae (10,7 %), Lamiaceae (9,2 %),

Malvaceae (9,2 %), Brassicaceae (6,2 %), Polygonaceae (6,2 %). При этом Amaranthaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Brassicaceae и Polygonaceae являются «рудеральными» семействами.

В спектре жизненных форм преобладают терофиты – 81,5 %.

30,7 % видов проявляют среднюю активность (балл 3) (*Amaranthus blitoides*, *Chenopodium suecicum*, *Vicia hirsuta* и др.). Нередких и обыкновенных видов данной ЭЦГ (4,5 баллов активности) зарегистрировано 10 (*Amaranthus retroflexus*, *Brassica campestris*, *Capsella bursa-pastoris*, *Stellaria media*, *Chenopodium album*, *Sinapis arvensis*, *Fallopia convolvulus*, *Polygonum lapathifolium*, *Viola arvensis*).

52 % видов группы – β-эуполигемеробы, 32,3 % видов – α-β-эуполигемеробы, эти группы видов способны выносить значительное антропогенное влияние. Это в основном эргазио- и эфемерофиты (*Ambrosia trifida*, *Calendula officinalis*, *Chamomilla recutita*, *Helianthus annuus* и др.). В данной ЭЦГ зарегистрировано большое количество видов-неофитов и археофитов, в том числе 18 эпекофитов (*Amaranthus lividus*, *Raphanus raphanistrum*, *Chenopodium urbicum*, *Euphorbia helioscopia*), 21 эргазиофит (*Chamomilla recutita*, *Solanum tuberosum*, *Lycopersicon esculentum* и др.), 4 эфемерофита (*Galinsoga parviflora*, *Portulaca oleracea*), 28 археофитов (*Centaurea cyanus*, *Sonchus oleraceus*, *Brassica campestris*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cannabis ruderalis*, *Galeopsis bifida*, *G. ladanum*, *Vicia hirsuta*).

Bidens tripartita. Эвритопная группа видов нитрофильных сообществ влажных и переувлажненных местообитаний класса Bidentetalia tripartiti R. Тх., Lohm. et Prsg. 1950. Такие сообщества возникают на переувлажненных площадях, отведенных под устройство газонов. Описаны в микрорайоне Дема. В ЭЦГ по численности также преобладают виды «рудеральных» семейств Chenopodiaceae (23,8 %), Polygonaceae (14,3 %), отмечена высокая доля видов семейства Poaceae (23,8 %).

В спектре жизненных форм преобладают терофиты – 81 %.

57 % видов встречаются с низкой активностью (1,2 балла): *Chenopodium acerifolium*, *Ch. ficifolium*, *Eragrostis pilosa*, *Potentilla supina*, *Polygonum mite*, *Rumex maritimus* и др.). 4 вида зарегистрировано с баллом активности 3 (*Rorippa palustris*, *Chenopodium rubrum*, *Juncus compressus*, *Bidens cernua*) и 5 видов с 4 и 5 баллами активности (*Bidens tripartita*, *Chenopodium glaucum*, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria glauca*, *S. viridis*). В спектре гемеробии преобладают виды

широкой амплитуды гемеробности: 38 % – эуполигемеробы (*Atriplex micrantha*, *Chenopodium glaucum*, *Ch. rubrum*, *Setaria glauca*, *S. viridis*, *Echinochloa crus-galli*), 28,6 % видов – олиго-мезо-эугемеробы (*Bidens cernua*, *B. tripartita*, *Rorippa brachycarpa*, *Juncus compressus*, *Polygonum minus* и др.)

В составе ЭЦГ зарегистрировано 8 видов-пришельцев, в т. ч. 2 эпекофита (*Chenopodium glaucum*, *Setaria glauca*), 1 агрифит (*Eragrostis plosa*), 3 археофита (*Chenopodium rubrum*, *Echinochloa crus-galli*, *Setaria viridis*).

Выводы. Флора площадей, отведенных под газоны на территории города Уфы, представлена 192 видами, относящимися к 31 семейству. Преобладающие по количеству видов семейства в рассмотренных ЭЦГ значительно различаются, так в сообществах типичных городских газонов со слабым вытаптыванием и хорошим уходом (ЭЦГ *Festuca pratensis*) доминируют семейства *Poaceae*, *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Rosaceae*, *Apiaceae*. На газонах, испытывающих значительное антропогенное воздействие – вытаптывание, засоление и не обеспеченных достаточным уходом (ЭЦГ *Taraxacum officinale*), большое количество видов относится к «рудеральным» семействам *Polygonaceae*, *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae*. На площадях, отведенных под устройство газонов, где не произошло развитие злакового сообщества из-за низкой всхожести газонных травосмесей или прекращения работ по устройству газонов после нарушения почвы (ЭЦГ *Chenopodium album*), преобладают рудеральные виды семейств *Asteraceae*, *Poaceae*, *Amaranthaceae*, *Lamiaceae*, *Malvaceae*, *Polygonaceae*. На влажных и переувлажненных площадях, отведенных под газоны, также доминируют рудеральные виды семейств

Poaceae, *Chenopodiaceae*, *Polygonaceae*. Значительны различия выделенных ЭЦГ и по спектру жизненных форм. В стабильных ЭЦГ *Festuca pratensis* и *Taraxacum officinale* доминируют гемикриптофиты, а в рудеральных ЭЦГ *Chenopodium album* и *Bidens tripartita* значительна доля рудеральных одно- и двулетников. Анализ спектров гемеробии видов ЭЦГ также продемонстрировал значительные отличия. В ЭЦГ *Festuca pratensis* преобладают олиго-мезо-α-эугемеробы, в ЭЦГ *Taraxacum officinale* доминируют мезо-эугемеробы, а в ЭЦГ *Chenopodium album* и *Bidens tripartita* большая часть видов рудеральные и полурудеральные β-эуполигемеробы. В ЭЦГ *Taraxacum officinale*, *Chenopodium album* и *Bidens tripartita* зарегистрировано большое количество видов-неофитов.

Таким образом, проведенное исследование показало удобство метода выделения экоцено-групп для анализа флоры экологически пестрых и разнообразных по антропогенному воздействию площадей. Группы естественны и включенные в них виды как единообразно распределены в экологическом пространстве, так и обладают сходством тенденций изменения активности при усилении режима антропогенного влияния на газоны. С практической точки зрения большого внимания заслуживают газонные площади с выделенными ЭЦГ *Taraxacum officinale*, *Chenopodium album* и *Bidens tripartita* как наиболее засоренные рудеральными видами, здесь необходимо проведение ряда мероприятий для создания сомкнутых травяных покрытий: реконструкция и капитальный ремонт площадей с посевом качественных газонных травосмесей, проведение регулярных укосов для снижения численности рудеральных малолетних видов, своевременные подкормки и полив.

Библиографический список

1. Бурда, Р.И. Антропогенная трансформация флоры [Текст] / Р.И. Бурда. Киев: Наукова думка. 1991. 169 с.
2. Газоны. Научные основы интродукции и использования газонных и почвопокровных растений [Текст]: сборник научных трудов / Отв. ред. Н.В. Цицин; Главный ботанический сад. М.: Наука, 1977. 244 с.
3. Гречушкина-Сухорукова, Л.А. Микроклиматические особенности газонных ценозов в степной зоне [Текст] / Л.А. Гречушкина-Сухорукова // Вестник АПК Ставрополя. 2014. № 2 (14). С. 190–195.
4. Дидух, Я.П. Проблемы активности видов растений [Текст] / Я.П. Дидух // Ботанический журнал. 1982. Т. 67. № 7. С. 925–935.
5. Иванов, Е.С. Биоморфологическая структура флоры природного историко-архитектурного и рекреационного комплекса – усадьба «Воронцово» г. Москвы [Текст] / Е.С. Иванов, Н.В. Авдеева, Т.В. Кременецкая // Российский научный журнал. 2011. № 22. С. 290–296.
6. Кайгородов, Р.В. Загрязнение почв придорожных газонов г. Перми тяжелыми металлами, их распределение в вегетативных и генеративных органах и влияние на фертильность и линейные размеры пыльцевых зерен *Taraxacum officinale* s.L. [Текст] / Р.В. Кайгородов, Л.В. Новоселова, Е.В. Мозжерина // Вестник Пермского университета. 2010. Вып. 3. С. 30–35.
7. Лаптев, А.А. Газоны [Текст] / А.А. Лаптев. Киев: Наукова думка, 1983. 176 с.

8. Назаренко, Н.Н. Эколого-ценотические группы как фитоиндикаторы биотопов лиственных лесов северной степи Украины [Текст] / Н.Н. Назаренко // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т. 19. № 5. С. 1324–1327.

9. Frank D., Klotz S. Biologisch-oekologische Daten zur Flora DDR. Martin-Luther-Universitaet, Halle – Wittenberg. Halle (Saale). 1990. 167 S.

10. Klotz S. Die ruderalgesellschaften eines neubaugebietes – ihre verbreitung und kombination // Acta bot. Slov. Acad. Sci. Slovaca. Ser. A. 1984. №.1. S. 111–125.

11. Kunick D. Zonietung des Stadtgebietes von Berlin (West). Ergebnisse Floristischer Untersuchung // Gen. Schriftenr. d.Fachber. Landschaftsentwicklung u. Umweltforsch. 1982. № 14. S. 1–164.

12. Мартынова, М.В. Влияние сезона рубки на формирование высокопродуктивных липовых насаждений [Текст] / М.В. Мартынова, Р.Р. Султанова, С.В. Мартынова // В сборнике материалов Международной научно-практической конференции: Современная наука – агропромышленному производству. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья. 2014. С. 45–48.

13. Sultanova, R.R. Evaluation of ecological potential of forests / R.R. Sultanova, K.M. Gabdrakhimov, A.F. Khayretdinov, S.I. Konashova, V.F. Konovalov, L.N. Blonskaya, I.G. Sabirzyanov, M.V. Martynova, R.R. Isyanyulova, A.K. Gabdelkhakov // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Т. 13. № S8. С. 6590–6596.

Сведения об авторах

1. **Ишибирдина Лилия Маратовна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: butomus11@yandex.ru.

2. **Блонская Любовь Николаевна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: l.n.blonskaya@mail.ru.

3. **Тимерьянов Азат Шамилович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: haf628@yandex.ru.

4. **Конашова Светлана Ивановна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна, 450001, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: land-s@mail.ru.

5. **Муфтахова Светлана Ильдаровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ст. преподаватель кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: muftakhova_s@mail.ru.

Изучена флора газонов города Уфы, представленная 192 видами, относящимися к 31 семейству. По ценотическим и экологическим характеристикам выделено четыре эколого-ценотические группы видов, описанных на площадях, отведенных под газоны. Проведен анализ эколого-ценотических групп по спектрам жизненных форм, гемеробии, активности видов. В сообществах типичных городских газонов со слабым вытаптыванием и хорошим уходом (эколого-ценотическая группа *Festuca pratensis*) доминируют семейства *Poaceae*, *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Rosaceae*, *Apiaceae*, преобладают гемикриптофиты и олиго-мезо- α -эугемеробы. На газонах, испытывающих значительное антропогенное воздействие (вытаптывание, засоление) (эколого-ценотическая группа *Taraxacum officinale*), большое количество видов относится к «рудеральным» семействам *Polygonaceae*, *Aste-*

raceae, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae*, доминируют гемикриптофиты и мезо-эугемеробы. На площадях, отведенных под устройство газонов, где не произошло развитие злакового сообщества после нарушения почвы (эколого-ценотическая группа *Chenopodium album*), преобладают рудеральные виды семейств *Asteraceae*, *Poaceae*, *Amaranthaceae*, *Lamiaceae*, *Malvaceae*, *Polygonaceae*, большая доля видов является рудеральными и полурудеральными одно- и двулетниками, β -эуполигемеробами. На влажных и переувлажненных площадях, отведенных под газоны, также доминируют рудеральные виды семейств *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Polygonaceae*, значительна доля рудеральных одно- и двулетников β -эуполигемеробов. В ЭЦГ *Taraxacum officinale*, *Chenopodium album* и *Bidens tripartita* зарегистрировано большое количество видов-неофитов. Газонные площади с эколого-ценоти-

ческими группами видов *Taraxacum officinale*, *Chenopodium album* и *Bidens tripartita* являются наиболее засоренными рудералами, необходимо проведение ряда мероприятий для создания сомкнутых травяных покрытий: реконструкция и

капитальный ремонт площадей с посевом качественных газонных травосмесей, проведение регулярных укосов для снижения численности рудеральных малолетних видов, своевременные подкормки и полив.

L. Ishbirdina, L. Blonskaya, A. Timeryanov, S. Konashova, S. Muftakhova

FLORA OF LAWNS IN THE CITY OF UFA

Key words: *urban lawns; flora analysis; ecological coenotic groups of species; life form spectrum; hemeroby; species activity.*

Authors' personal details

1. **Ishbirdina Liliya**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Forestry and Landscape Design Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: butomus11@yandex.ru.

2. **Blonskaya Lubov'**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Forestry and Landscape Design Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: l.n.blonskaya@mail.ru.

3. **Timeryanov Azat**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Forestry and Landscape Design Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: haf628@yandex.ru.

4. **Konashova Svetlana**, Doctor of Agriculture, Professor of the Forestry and Landscape Design Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: land-s@mail.ru.

5. **Muftakhova Svetlana**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer of the Forestry and Landscape Design Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: muftakhova_s@mail.ru.

The paper presents a study in the flora of lawns in Ufa. The lawn flora is represented by 192 species belonging to 31 families. Based on coenotic and ecological characteristics, four ecological coenotic groups of species were singled out that were described in the lawn designated areas. The ecological coenotic groups were analysed for life form spectra, hemeroby, species activity. Among the plant communities of typical low-trampled and well-maintained urban lawns (the ecological coenotic group of *Festuca pratensis*) Poaceae, Asteraceae, Fabaceae, Rosaceae, Apiaceae families were the leading ones, where hemicryptophytes and oligo-meso- α -euhemerobes dominated. The lawns subjected to significant anthropogenic impact (trampling, salinization) (the ecological coenotic group of *Taraxacum officinale*) had a large number of species that belonged to the «ruderal» Polygonaceae, Asteraceae, Fabaceae, Brassicaceae, Lamiaceae families, where hemicryptophytes and meso-euhemerobes dominated. Ruderal species of Asteraceae, Poaceae, Amaranthaceae, Lamiaceae, Malvaceae, Polygona-

ceae families prevailed, with a large share of ruderal and semi-ruderal annual and biennial plants, β -eupolyhemerobes, in the lawn designated areas where gramineous plant community did not develop after soil disturbance (the ecological coenotic group of *Chenopodium album*). Ruderal species of Poaceae, Chenopodiaceae, Polygonaceae families with a large portion of ruderal annual and biennial β -eupolyhemerobes also dominated in humid and waterlogged lawn areas. The ecological coenotic groups of *Taraxacum officinale*, *Chenopodium album* and *Bidens tripartita* had a large number of neophyte species. The lawn areas with the ecological coenotic groups of *Taraxacum officinale*, *Chenopodium album* and *Bidens tripartita* were found as most colonized with ruderal plants. A number of measures are required to build dense grass covering: reconstruction and heavy maintenance of lawns combined with sowing quality lawn grass mixtures, regular mowing practices to reduce the number of ruderal hemicryptophytes and therophytes, timely plant nutrition and watering.

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ПОСЕВА

Ключевые слова: козлятник восточный; лядвенец рогатый; широкорядный посев; обычный рядовой посев; урожайность семян; посевные качества; энергетическая эффективность.

Введение. Наиболее распространенным способом посева многолетних бобовых трав в условиях Среднего Предуралья является обычный рядовой (15 см), но высевают в зависимости от конкретных условий широкорядным с междурядьями 30, 45 или 60 см, а также узкорядным (6,5 см) способами [2, 3, 8, 11, 15, 16]. При выборе способа посева семенных травостоев многолетних бобовых трав необходимо учитывать не только биологические особенности, но и технические возможности хозяйства, а также погодные условия. Исследователи [4, 6, 7] утверждают, что во влажные годы широкорядные посевы обеспечивают более высокую урожайность семян, чем обычный рядовой. Связано это с тем, что в обычных рядовых посевах травы полегают сильнее, чем в широкорядных. На широкорядных посевах растения имеют более короткий и прочный стебель, травостой не полегает или полегает незначительно. Равномернее проходит цветение, создаются благоприятные условия для насекомых-опылителей. В разреженных посевах повышается качество семенного материала, отмечается четкая тенденция к увеличению массы 1000 семян.

По мнению других ученых [2, 14], многолетние бобовые травы широкорядным способом надо высевать главным образом для быстрого размножения дефицитных перспективных сортов в первичном семеноводстве. В засушливые годы в широкорядных посевах травостой сильно изреживается, побегообразование и развитие генеративных частей практически не отличается от обычного рядового, а урожайность становится даже меньше.

Ряд исследователей [1, 11, 16] предлагает высевать многолетние травы на полях с невысоким плодородием обычным рядовым способом, на плодородных, чистых от сорняков почвах — широкорядным с междурядьем 30 см. Уход за широкорядным посевом такой же, как за обычным рядовым, а норма высева уменьшается вдвое.

Семенные посевы козлятника восточного многие авторы [2, 6, 11] рекомендуют высевать широкорядным способом с междурядьями 45–

60 см и нормой высева 8–10 кг/га или обычным рядовым способом с нормой высева 18–20 кг/га. Лядвенец рогатый рекомендуют высевать при широкорядном способе с нормой высева 3–5 кг/га, при обычном рядовом способе — с нормой 7–11 кг/га [12, 13, 16–18].

Таким образом, вопрос выбора способа посева многолетних бобовых трав, в частности козлятника восточного и лядвенца рогатого, остается актуальным и в наши дни.

Цель исследований: изучить влияние способа посева на семенную продуктивность козлятника восточного и лядвенца рогатого.

Задачи исследований: определить урожайность семян изучаемых многолетних бобовых трав, структуру урожайности при разных способах посева; оценить биологические и физические свойства полученного семенного материала, энергетическую эффективность изучаемых приемов возделывания.

Условия, материалы и методы исследования. Исследования по изучению влияния способа посева многолетних бобовых трав на семенную продуктивность проводили в экспериментальном севообороте Удмуртского НИИСХ в 1995–2001 гг. на козлятнике восточном Гале (одна закладка), в 2010–2016 гг. — на лядвенце рогатом Солнышко (три закладки). Исследования проведены в соответствии с «Методическими указаниями по проведению исследований в семеноводстве многолетних трав» (1986) [9] и «Методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами» (1997) [10]. Полученные экспериментальные данные были подвергнуты статистической обработке методом дисперсионного анализа, алгоритмы которых изложены Б.А. Доспеховым (1985) [5], соотнесены с результатами исследований других ученых. Энергетическая оценка изучаемых агроприемов дана на основании технологических карт, составленных по нормативным данным, складывающимся в 2016 г.

Технология возделывания козлятника восточного и лядвенца рогатого на семена в опытах построена на основе рекомендаций, разработанных научными учреждениями для Нечерно-

земной зоны РФ [3, 6, 11, 15, 16]. Перед посевом внесены минеральные удобрения в дозе $N_{45}P_{45}K_{45}$. В день посева семена были скарифицированы и обработаны ризоторфином из расчета 200 г на гектарную норму семян. Посев многолетних трав ранневесенний беспокровный при наступлении физиологической спелости почвы. Норма высева козлятника при обычном рядовом посеве – 4,5 млн шт. всхожих семян на 1 га, ширококормном – от 1,5 до 2,6 млн в зависимости от ширины междурядья, норма высева лядвенца при обычном рядовом посеве – 9 млн, ширококормном – 6 млн шт. всхожих семян на 1 га. Козлятник убирался на семена в течение шести лет пользования, лядвенец – в течение трех лет. Учет семенной продуктивности проводили однофазно во второй декаде августа – второй декаде сентября при созревании 95–100 % бобов козлятника и 75–80 % бобиков лядвенца.

Полевые опыты заложены на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве со следующими агрохимическими показателями: гумус – 1,9–2,4 %, pH_{KCl} – 4,8–5,9, подвижный фосфор – 201–430 мг на 1 кг почвы, обменный калий – 160–315 мг на 1 кг почвы. Метеорологические условия вегетационных периодов в годы исследований были различными. Из четырнадцати лет исследований влагообеспеченность

вегетационного периода пяти (1996, 2010, 2011, 2013, 2016) лет была недостаточной при ГТК – 0,63...0,99, пяти (1995, 1997, 1998, 2001, 2014) лет – оптимальной при ГТК – 1,11...1,53, четырех (1999, 2000, 2012, 2015) лет – избыточной с ГТК – 1,55...1,97.

Результаты исследования. По мнению ряда исследователей [2, 6, 11], большую практическую ценность представляет способность козлятника восточного к высокой семенной продуктивности как в относительно влажные, так и в засушливые годы. В наших исследованиях урожайность семян козлятника восточного находилась в пределах от 73 до 620 кг/га. Относительно наибольшая урожайность (490–620 кг/га) была отмечена во 2–4-й годы пользования в условиях оптимального увлажнения, наименьшая (73 кг/га) – в 5-й год пользования при избыточном увлажнении. В 1 год пользования (г. п.) существенное повышение урожайности на 79 кг/га ($НСР_{05}$ – 61 кг/га) наблюдали на ширококормном посеве с междурядьем 60 см. Во 2 и 6 г. п. увеличение урожайности на 69–150 и 78–91 кг/га при $НСР_{05}$ – 57 и 30 кг/га соответственно отмечено при посеве козлятника ширококормным способом с междурядьями 30 и 45 см. В 4 и 5 г. п. наибольшая урожайность получена на обычном рядовом посеве (таблица 1).

Таблица 1 Урожайность семян многолетних бобовых трав в зависимости от способа посева, кг/га

Способ посева	Год пользования						Средняя
	1	2	3	4	5	6	
Козлятник восточный (1996–2001 гг.)							
Обычный рядовой (15 см) (к)	130	483	622	553	81	194	344
Широкорядный (30 см)	116	552	644	480	63	285	357
Широкорядный (45 см)	175	633	584	482	74	272	370
Широкорядный (60 см)	209	476	630	443	73	224	342
Средняя	158	536	620	490	73	244	–
НСР ₀₅	61	57	93	68	3	30	–
Лядвенец рогатый (2011–2016 гг.)							
Обычный рядовой (15 см) (к)	325	299	142	–	–	–	255
Широкорядный (30 см)	295	235	108	–	–	–	213
Средняя	310	267	125	–	–	–	–
НСР ₀₅	F _ф < F _т	60	F _ф < F _т	–	–	–	–

В среднем за 6 лет пользования травостоем урожайность семян козлятника была на уровне 342–370 кг/га. Ширококорядный способ посева с междурядьями 30 и 45 см способствовал увеличению урожайности на 13 и 26 кг/га.

Лядвенец рогатый, по мнению многих ученых [12, 13, 16], обеспечивает высокую семенную продуктивность – 150–200 кг/га, может достигать и 300–400 кг/га. Однако получить такую урожайность довольно сложно: при созревании семян бобы сильно растрескиваются. Уборка се-

мян осложняется также присутствием на большинстве растений на всем протяжении цикла продуктивности созревших и зеленых бобов. Исследователи рекомендуют семенники лядвенца использовать в первые два года, так как на 3 г. п. в посевах увеличивается численность вредителей и сорняков. В наших исследованиях лядвенец рогатый семена формировал не каждый год. Так влажные условия второй половины лета 2012 г. способствовали вегетативному росту, непрерывному цветению растений и отсут-

ствию зрелых бобов. Старовозрастный травостой лядвенца 4 г. п. ни в одной из закладок не сформировал семян.

В 1 год пользования семенная продуктивность (310 кг/га) лядвенца была достаточно высокая, по способам посева существенных изменений в урожайности семян (295–325 кг/га) не выявлено. Во 2 г. п. урожайность семян составила 267 кг/га. Отмечено существенное увеличение урожайности на 64 кг/га при НСР₀₅ – 60 кг/га на обычном рядовом посеве по сравнению с урожайностью на ширококрядном посеве. К 3 г. п. урожайность семян снизилась до 125 кг/га, способы посева не повлияли на данный показатель. В среднем за три года исследований наибольшая урожайность семян (255 кг/га) получена при

обычном рядовом способе посева, что на 42 кг/га выше урожайности, полученной на ширококрядном посеве.

Густота стеблестоя козлятника восточного изменялась в зависимости от способа посева от 38 шт./м² на ширококрядном (60 см) до 67 шт./м² на обычном рядовом (15 см) посеве. При увеличении ширины междурядий наблюдали тенденцию увеличения с 2 до 3 шт. количества семян в бобе. Получению относительно высокой урожайности семян козлятника на ширококрядном посеве с междурядьями 30 и 45 см способствовало формирование травостоя со следующими параметрами: густота стеблестоя – 40–52 шт./м², количество семян в бобе – 2 шт. (таблица 2).

Таблица 2 Структура семенного травостоя многолетних бобовых трав в зависимости от способа посева

Способ посева	Густота стеблестоя, шт./м ²	Бобов на растении, шт.	Семян в бобе, шт.
Козлятник восточный (среднее за 1996–2001 гг.)			
Обычный рядовой (15 см) (к)	67	49	2
Ширококрядный (30 см)	52	46	2
Ширококрядный (45 см)	40	45	2
Ширококрядный (60 см)	38	47	3
Лядвенец рогатый (среднее за 2011–2016 гг.)			
Обычный рядовой (15 см) (к)	580	11	13
Ширококрядный (30 см)	518	10	14
НСР ₀₅	22	1	1

Лядвенец рогатый обладает высокой способностью к ветвлению – до 180 побегов на куст к третьему году жизни [11, 12]. Наибольшее влияние на семенную продуктивность оказывала густота стеблестоя, которая при обычном рядовом способе посева была на 62 шт./м² (НСР₀₅ – 22 шт./м²) больше количества стеблей, отмеченного на ширококрядном посеве.

Многими авторами [14, 17, 18] выявлено, что в зависимости от приемов возделывания полученный семенной материал, представленный биологической совокупностью семян и их фракций, может существенно отличаться. Анализ влияния способа посева изучаемых многолетних трав на посевные качества семян в урожае показал, что на эти показатели большее влияние оказывали метеорологические усло-

вия, нежели способ посева. В условиях вегетационного периода 1996 г. энергия прорастания семян в урожае козлятника восточного была на уровне 35–40 %, лабораторная всхожесть – 91–95 %, масса 1000 семян – 8,20–8,85 г. В условиях 1997 г. отмечено значительное снижение энергии прорастания до 24–29 %, массы 1000 семян – до 6,11–6,33 г. В зависимости от способа посева по мере увеличения ширины междурядья с 15 до 60 см отмечали тенденцию увеличения на 3 % энергии прорастания, на 1 % – лабораторной всхожести, на 0,06–0,08 г – массы 1000 семян. Доля твердых семян была на уровне 46–50 %, при увеличении ширины междурядий с 15 до 60 см также отмечена тенденция уменьшения на 2–4 % их количества (таблица 3).

Таблица 3 Влияние способа посева на посевные качества семян в урожае многолетних трав

Способ посева	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %		Масса 1000 семян, г
		всего	в т. ч. твердых	
Козлятник восточный (среднее за 1996–1997 гг.)				
Обычный рядовой (15 см) (к)	30	93	50	7,40
Широкорядный (30 см)	32	93	48	7,48
Широкорядный (45 см)	34	94	48	7,46
Широкорядный (60 см)	33	94	46	7,48
Лядвенец рогатый (среднее за 2011–2016 гг.)				
Обычный рядовой (15 см) (к)	–	69	37	1,12
Широкорядный (30 см)	–	68	36	1,13

На посевные качества семян лядвенца рогатого существенное влияние оказали условия вегетационного периода и возраст травостоя. Так, лабораторная всхожесть семян в 1 г. п. была наиболее высокой – 78–86 %. Во 2 и 3 г. п. отмечено снижение данного показателя до 48–64 и 65–72 % соответственно. Твердосемянность изменялась в 1 г. п. от 39 до 48 %, во 2 г. п. – от 18 до 28 %, в 3 г. п. – от 38 до 46 %, масса 1000 семян составила 1,11–1,36; 1,06–1,15 и 1,05–1,18 г соответственно. В среднем за годы исследова-

ний при посеве лядвенца обычным рядовым способом отмечена тенденция увеличения на 1 % лабораторной всхожести семян и уменьшения на 1 % доли твердых семян.

При широкорядном способе посева (45 см) козлятника восточного отмечено увеличение на 5,2 ГДж/га выхода обменной энергии по сравнению с аналогичным показателем на обычном рядовом посеве, что отразилось на увеличении коэффициента энергетической эффективности (КЭЭ) до 5,0 (таблица 4).

Таблица 4 Энергетическая оценка возделывания многолетних бобовых трав на семена

Показатель	Козлятник восточный (1996–2001 гг.)		Ляденец рогатый (2011–2016 гг.)	
	15 см (к)	45 см	15 см (к)	30 см
Урожайность семян, кг/га	344	370	255	212
Выход обменной энергии, ГДж/га	69,5	74,7	63,0	54,3
Затраты совокупной энергии, ГДж/га	15,0	14,9	11,5	11,1
КЭЭ	4,7	5,0	5,5	5,0

Посев лядвенца рогатого обычным рядовым способом способствовал увеличению на 8,7 ГДж/га выхода обменной энергии, что также привело к увеличению КЭЭ до 5,5 в сравнении с широкорядным посевом.

Выводы. В условиях Удмуртской Республики возделывание козлятника восточного широкорядным способом с междурядьем 30–45 см способствовало получению урожайности 357–370 кг/га семян с лабораторной всхожестью семян 93–94 %, массой 1000 семян – 7,46–7,48 г при формировании травостоя со следующими

параметрами: густота стеблестоя – 40–52 шт./м², количество семян в бобе – 2 шт. Наибольшая урожайность семян 255 кг/га лядвенца рогатого сформировалась при посеве обычным рядовым способом за счет формирования густоты стеблестоя – 580 шт./м², количества бобов на одном стебле – 11 шт., семян в бобе – 13 шт. с лабораторной всхожестью семян 69 % и массой 1000 семян 1,12 г. Коэффициент энергетической эффективности при широкорядном способе посева козлятника восточного составил 5,0, лядвенца рогатого при обычном рядовом посеве – 5,5.

Библиографический список

1. Акманаев, Э.Д. Сравнительная урожайность клевера лугового и многолетних злаковых трав разной скороспелости при разных способах посева на дерново-подзолистых почвах Предуралья [Текст] / Э.Д. Акманаев, Д.Л. Башкирцев, В.М. Макарова, В.М. Холзаков // Аграрный вестник Урала. 2012. № 1 (93). С. 4–6.
2. Волошин, В.А. Вопросы полевого кормопроизводства в Предуралье [Текст]: монография / В.А. Волошин. Пермь, 2012. 380 с.
3. Возделывание козлятника восточного на семена и корм в Башкортостане [Текст] / Г.К. Зарипова, Р.С. Еникеев, И.П. Леонтьев и др. Уфа: БНИИСХ, 2002. 28 с.
4. Вятские клевера [Текст] / Н.П. Киселев, А.Д. Кормищиков, Е.В. Никифорова, И.Н. Прозорова, В.А. Прозоров, С.Н. Киселев. Киров: Вятка, 1995. 276 с.
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов. М.: Колос, 1985. 416 с.

6. Зубарев, Ю.Н. Адаптивные приемы возделывания козлятника восточного на семена в Предуралье [Текст]: монография / Ю.Н. Зубарев, Н.А. Халезов, Л.В. Фалалеева. Пермь: ПГСХА, 2003. 82 с.
7. Коновалова, Н.Ю. Эффективные технологические приемы формирования семенных посевов многолетних бобовых трав в условиях Европейского Севера РФ [Текст] / Н.Ю. Коновалова, С.С. Коновалова // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 1. С. 36–38.
8. Кшникаткина, А.Н. Формирование высокопродуктивных агрофитоценозов лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus*) [Текст] / А.Н. Кшникаткина, В.Н. Еськин // Нива Поволжья. 2009. № 1 (10). С. 22–28.
9. Методические указания по проведению исследований в семеноводстве многолетних трав [Текст]. М., 1986. 136 с.

10. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [Текст]. М.: Россельхозакадемия, 1997. 156 с.

11. Нагибин, А.Е. Травы в системе кормопроизводства Урала [Текст] / А.Е. Нагибин, М.А. Тормозин, А.А. Зырянцева. Екатеринбург: Уральский рабочий, 2018. 784 с.

12. Образцов, В.Н. Лядвенец рогатый в черноземной лесостепи [Текст]: монография / В.Н. Образцов, Д.И. Щедрина; под ред. В.А. Федотова. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2012. 233 с.

13. Попова, Е.В. Приемы формирования семенного травостоя лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) в условиях Северо-Восточного региона Нечерноземной зоны России [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Е.В. Попова. Киров, 2009. 22 с.

14. Переправо, Н.И. Семеноводство многолетних трав в России: состояние, проблемы и перспективы [Электронный ресурс] / Н.И. Переправо, О.В. Трухан // Кормопроизводство в Сибири: достижения, проблемы, стратегия разви-

тия: материалы междунар. науч.-практ. конф. СибНИИ кормов. Новосибирск: Новосибирский ГАУ, 2014. С. 121–128.

15. Технология возделывания козлятника восточного, лядвенца рогатого на корм и семена в условиях Республики Марий Эл [Текст]: рекомендации. Йошкар-Ола, 2003. 43 с.

16. Тумасова, М.И. Технология возделывания лядвенца рогатого на корм и семена [Текст] / М.И. Тумасова, М.Н. Грипась, И.А. Устюжанин. Киров, 2004. 49 с.

17. Шлапунов, В.Н. Влияние технологических приемов выращивания на продуктивность лядвенца рогатого в условиях Беларуси [Текст] / В.Н. Шлапунов, О.Н. Карпей // Землеробство. 2014. Вып. 1-2. С. 92–96.

18. Хасанов, Э.Р. Обоснование показателей качества работы скарификатора семян козлятника [Текст] / Э.Р. Хасанов, Д.И. Маскулов, Р.З. Мусин // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (51). С. 114–120.

Сведения об авторах

1. **Касаткина Надежда Ивановна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – структурное подразделение ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина, 1, п. Первомайский, Завьяловский р-он, Удмуртская Республика, Российская Федерация, 427007, тел.: +7 (3412) 62-96-98, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0725-2254>.

2. **Нелюбина Жанна Сергеевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – структурное подразделение ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина, 1, п. Первомайский, Завьяловский р-он, Удмуртская Республика, Российская Федерация, 427007, тел.: +7 (3412) 62-96-98, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5751-9557>.

3. **Фатыхов Ильдус Шамилович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, ул. Кирова, 16, г. Ижевск, Удмуртская Республика, Российская Федерация, 426033, e-mail: agro@izhgsa.ru.

Изучение способа посева многолетних бобовых трав при их использовании на семенные цели остается актуальным и в наши дни. При выборе способа посева необходимо учитывать биологические особенности возделываемой культуры, технические возможности хозяйства, а также погодные условия. В Удмуртском НИИСХ проводили исследования по изучению влияния способа посева на семенную продуктивность козлятника восточного Гале (1995–2001) и лядвенца рогатого Солнышко (2010–2017). В задачи исследований входили изучение урожайности семян, ее структуры, посевных качеств полученных семян и энергетическая

оценка изучаемых приемов возделывания. В ходе исследований выявлена способность козлятника восточного к формированию относительно высокой семенной продуктивности как во влажные (490 кг/га), так и в засушливые (158 кг/га) годы. В среднем за шесть лет пользования травостоем возделывание козлятника ширококормным способом с междурядьем 30–45 см способствовало получению урожайности 357–370 кг/га семян с лабораторной всхожестью семян 93–94 %, массой 1000 семян – 7,46–7,48 г при формировании травостоя со следующими параметрами: густота стеблестоя – 40–52 шт./м², количество семян в бобе – 2 шт. Лядвенец рога-

тый формировал семена не каждый год. Влажные условия второй половины вегетационного периода 2012 г. способствовали вегетативному росту, непрерывному цветению растений и отсутствию зрелых бобов. В среднем за три года пользования травостоем наибольшая урожайность семян 255 кг/га лядвенца рогатого получена при посеве обычным рядовым способом

за счет формирования густоты стеблестоя 580 шт./м², количества бобов на одном стебле – 11 шт., семян в бобе – 13 шт. с лабораторной всхожестью семян 69 % и массой 1000 семян 1,12 г. Коэффициент энергетической эффективности при широкорядном способе посева козлятника восточного составил 4,9, лядвенца рогатого при обычном рядовом посеве – 5,5.

N. Kasatkina, Zh. Nelyubina, I. Fatykhov

SEED PRODUCTIVITY OF PERENNIAL LEGUMINOUS HERBS DEPENDING ON THE SOWING METHOD

Key words: *eastern galega; birds-foot trefoil; wide-row sowing; ordinary row sowing; seed yield; sowing qualities; energy efficiency.*

Authors' personal details

1. **Kasatkina Nadezhda**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Udmurt Research Institute of Agriculture, Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science «Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», 427007, Russia, Udmurt Republic, Zavyalovsky district, Pervomaisky village, Lenin St., 1, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0725-2254>.

2. **Nelyubina Zhanna**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Udmurt Research Institute of Agriculture, Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science «Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», 427007, Russia, Udmurt Republic, Zavyalovsky district, Pervomaisky village, Lenin St., 1, e-mail: ugniish-nauka@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5751-9557>.

3. **Fatykhov Ildus**, Dr. Agr. Sci., Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Izhevsk State Agricultural Academy», 426033, Russian Federation, Udmurt Republic, Izhevsk, Kirov St., 16, e-mail: agro@izhgsha.ru.

The method of sowing perennial leguminous herbs for seed purposes remains relevant today. The choice of the method should involve considering biological characteristics of the cultivated crop, technical capacity of the farm, and weather conditions. Udmurt Research Institute of Agriculture was engaged in studies on the impact of the sowing method on the seed productivity of the eastern galega «Gale» (1995–2001) and the birds-foot trefoil «Solnyshko» (2010–2017). The research objectives included the issues of seed yields, structure, sowing qualities of the obtained seeds, energy assessment of the cultivation methods under study. The study revealed the potential of the eastern galega to achieve relatively high seed productivity both in wet (490 kg/ha) and in arid (158 kg/ha) years. On average for six years of grass use, the wide-row method of cultivating galega with a row space of 30–45 cm produced a seed yield of 357–370 kg/ha. The galega seeds had laboratory germination of 93–94 %; the

weight of 1000 seeds was 7,46–7,48 g. The grass had the following parameters: stalk stand density was 40–52 pieces/m², the number of seeds in a bean was 2 pieces. The birds-foot trefoil did not give seeds every year. The wet conditions of the second half of the growing season in 2012 resulted in vegetative growth, continuous flowering of plants and no mature beans. On average, over a three year period of grass use, the highest yield of birds-foot trefoil seeds (255 kg/ha) was obtained through ordinary row sowing. The grass had the following indices: stalk stand density was 580 pieces/m², the number of beans on one stem was 11 pieces, the number of seeds in a bean was 13 pcs, laboratory germination of seeds was 69 % and the mass of 1000 seeds was 1,12 g. The eastern galega had the energy efficiency coefficient of 4,9 under wide-row sowing, and the birds-foot trefoil had the energy efficiency coefficient of 5,5 under ordinary sowing.

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАСУХОУСТОЙЧИВЫХ ГЕНОТИПОВ ПШЕНИЦЫ В КУЛЬТУРЕ НЕЗРЕЛЫХ ЗАРОДЫШЕЙ *IN VITRO*

Ключевые слова: зародыш; культура *in vitro*; биотехнология; яровая мягкая пшеница; *Triticum aestivum* L.

Введение. Проблема создания засухоустойчивых сортов яровой мягкой пшеницы, перспективных для Республики Башкортостан, стоит достаточно остро. Одно из направлений решения этой проблемы состоит в использовании биотехнологического метода культивирования *in vitro* разновозрастных зародышей [1–7]. Ранее нами [8] было показано, что возможна оптимизация биотехнологического процесса получения растений-регенерантов методом культивирования *in vitro* за счет использования незрелых зародышей на стадии относительной автономности. Данная стадия оценивается как одна из критических стадий зиготического эмбриогенеза растений, особое структурно-функциональное свойство зародыша, характеризующее его саморегуляцию и независимость от окружающих материнских тканей и проявляющееся в способности зародышевой системы завершить нормальный эмбриогенез вне материнского организма. На примере ряда генотипов яровой мягкой пшеницы нами ранее выявлено [9–11], что независимость от ряда физиологических (конкретно – гормональных) факторов материнского организма, а значит, относительная автономность, наступает у незрелого зародыша в стадии «сформированный зародыш» (согласно периодизации зиготического эмбриогенеза пшеницы, разработанной нами для биотехнологических целей [12]) на 17,5–20,0 сут после искусственного опыления, при длине зародыша 2,0–2,4 мм (в зависимости от генотипа). Согласно гистологическим данным, такой зародыш характеризуется наличием всех типичных для зародышей злаков органов: щиток (семядоля), лигула (вырост щитка), дифференцированная почечка, состоящая из апекса побега и первого листа, coleoptиль, эпибласт, coleориза, зародышевый корень.

Экспериментально подтверждено [8] предположение о том, что оценку относительной автономности зародыша следует давать не только по признаку формирования проростка на безгормональной среде *in vitro* (по [13]), но и по формированию из такого проростка полноценного фертильного растения в условиях *ex vitro*. Можно полагать, что стадия сформированного зародыша универсальна в качестве критической стадии относительной автономности зародыша

у яровой мягкой пшеницы. Инокуляция зародышей пшеницы, находящихся в критической стадии относительной автономности, в условия *in vitro* на селективную питательную среду, имитирующую засуху, отбор толерантных к дефициту воды зародышей и формирование из них плодородных растений-регенерантов позволят дать ускоренную оценку засухоустойчивости донорных растений в селекционных целях.

В связи с этим **целью данного исследования** заключалась в выявлении засухоустойчивых генотипов ряда сортов и гибридных комбинаций яровой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. в экспериментальных условиях культивирования *in vitro* незрелых зародышей.

Объект, методы и условия исследований. Объекты исследования – 17 генотипов (сорта и гибридные комбинации) яровой мягкой пшеницы: Башкирская 28, Тулайковская 108, Экада 113, Экада 232, Л43466, Л43479, Л43510, Э43018 × Тулайковская золотистая, Л42875 × Экада 70, Л42875 × 76/98а, Башкирская 26 × Экада 70, Л42938 × Салават Юлаев, Боевчанка × Ирень, Дуэт × Башкирская 28, Л42809 × Л42866, Воронежская 16 × Л42833, Боевчанка × Башкирская 26. Донорные растения выращивали в вегетационный сезон 2018 г. в полевых условиях научного стационара Уфимского Института биологии УФИЦ РАН (Уфимский район Республики Башкортостан). Этапы органогенеза растений оценивали по Ф.М. Куперману [14]. Экспериментальную группу составляли по 10 зародышей каждого исследуемого генотипа. При этом отбирали незрелые зародыши на 17,5–20,0 сут после искусственного опыления, находящиеся в стадии относительной автономности [9, 10]. Использовали авторскую периодизацию эмбриогенеза пшеницы [12] и разработанный нами метод культуры *in vitro* незрелых зародышей яровой мягкой пшеницы с учетом эмбриологических нюансов [5]. Выявление засухоустойчивости незрелых зародышей яровой мягкой пшеницы вели по их способности дать начало проростку, развивающемуся до фазы кушения *in vitro*, в условиях, имитирующих дефицит влаги. Дефицита влаги достигали путём введения в состав питательной среды МС [15] осмотика ПЭГ 6000 (концентрация 14 %). Зародыши инкубировали в темноте при +27 °С в течение 21 сут. Вели ви-

зуальную оценку морфологических показателей развивающихся проростков регенерантов до фенофазы кущения. Отзывчивость генотипов оценивали по выраженному в процентах отношению количества образовавшихся в условиях *in vitro* регенерантов в фенофазе кущения к общему количеству инокулированных зародышей. Регенеранты в фенофазе кущения переносили в условия *ex vitro* в вегетационные сосуды и вели наблюдения за их дальнейшим развитием на лабораторной площадке (температура +20...22 °С, освещенность 16–18 тыс. люкс, 16 час света/8 час темноты) до фенофазы полной спелости зерна. Использовали лабораторную оценку всхожести зрелых зерновок пшеницы их проращиванием в чашках Петри в темноте во влажных условиях в течение трёх суток. Все эксперименты проводили в трёх повторностях. Статистическую обработку полученных результатов вели с применением программы Microsoft Office Excel 2010, учитывая основные статистические параметры.

Результаты исследования и их обсуждение. Согласно полученным данным (таблица 1), выявлена различная реакция относительно автономных зародышей изученных генотипов яровой мягкой пшеницы на селективные условия *in vitro*, имитирующие засуху.

Зародыши сортов Башкирская 28, Тулайковская 108, Экада 113, Экада 232, линий и гибридных комбинаций Л43466, Л43479, Л43510, Э43018 × Тулайковская золотистая, Л42875 × Экада 70, Л42875 × 76/98а, Башкирская 26 × Экада 70, Л42938 × Салават Юлаев в экспериментальных условиях формировали проростки на 5–7 сут культивирования *in vitro*; такие проростки развивались до фенофазы кущения к 19–21-м сут культивирования *in vitro*. При этом вы-

явлена различная отзывчивость этих генотипов – от 67,2 % (сорт Башкирская 28) до 3,4 % (гибридная комбинация Л42938 × Салават Юлаев).

У относительно автономных зародышей гибридных комбинаций Боевчанка × Ирень, Дуэт × Башкирская 28, Л42809 × Л42866, Воронежская 16 × Л42833, Боевчанка × Башкирская 26 в примененных экспериментальных условиях *in vitro* отмечена постепенная дегенерация.

Регенеранты в фенофазе кущения перемещали в условия лабораторной площадки и выращивали до формирования зрелых зерновок.

Проведенная оценка лабораторной всхожести зрелых зерновок регенерантов генотипов пшеницы, полученных из незрелых зародышей в селективных условиях *in vitro*, свидетельствует о достаточно высоком их качестве (таблица 2).

Таким образом, сорта Башкирская 28, Тулайковская 108, Экада 113, Экада 232, линии и гибридные комбинации Л43466, Л43479, Л43510, Э43018 × Тулайковская золотистая, Л42875 × Экада 70, Л42875 × 76/98а, Башкирская 26 × Экада 70, Л42938 × Салават Юлаев перспективны как засухоустойчивые генотипы. Их относительно автономные зародыши способны к формированию зерновок достаточно высокого качества. При этом обращает на себя внимание сорт Тулайковская 108, лабораторная всхожесть зерновок регенерантов которого составила 87,8 %.

Важно отметить, что аналогичные данные о тенденции отзывчивости незрелых зародышей тех же исследованных генотипов яровой мягкой пшеницы на селективные условия в культуре *in vitro*, имитирующие засуху, получены нами ранее, по итогам исследований 2016 и 2017 гг. (неопубл. данные).

Таблица 1 Отзывчивость незрелых зародышей яровой мягкой пшеницы в селективных условиях культуры *in vitro*

Генотип	Количество проростков в фенофазе кущения, % от инокулированных зародышей*
Башкирская 28	67,2 ± 5,3
Тулайковская 108	49,9 ± 2,1
Экада 113	36,9 ± 2,2
Экада 232	34,5 ± 3,3
Л43466	24,9 ± 3,1
Л43479	25,8 ± 3,7
Л43510	25,3 ± 2,4
Э43018 × Тулайковская золотистая	21,9 ± 1,4
Л42875 × Экада 70	9,3 ± 3,9
Л42875 × 76/98а	5,2 ± 0,7
Башкирская 26 × Экада 70	4,1 ± 1,8
Л42938 × Салават Юлаев	3,4 ± 0,7
Боевчанка × Ирень	0
Дуэт × Башкирская 28	0
Л42809 × Л42866	0
Воронежская 16 × Л42833	0
Боевчанка × Башкирская 26	0

Примечание: * – значимо на 5,0 %-м уровне.

Таблица 2 Лабораторная всхожесть зерновок регенерантов яровой мягкой пшеницы

Генотип	Лабораторная всхожесть зерновок, %*
Тулайковская 108	87,8 ± 3,9
Э43018 × Тулайковская золотистая	75,4 ± 3,8
Башкирская 28	70,3 ± 2,1
Башкирская 26 × Экада 70	62,3 ± 3,5
Экада 113	60,1 ± 1,9
Экада 232	58,1 ± 1,6
Л42875 × Экада 70	57,2 ± 3,4
Л42875 × 76/98a	46,6 ± 1,1
Л42938 × Салават Юлаев	39,4 ± 8,7
Л43466	35,3 ± 2,4
Л43479	22,5 ± 2,6
Л43510	20,5 ± 1,9

Примечание: * – значимо на 5,0 %-м уровне.

Такое наблюдение позволяет подтвердить высказанное нами [16] ранее мнение о связи экспериментально выявленной засухоустойчивости исследованных сортов и гибридных комбинаций яровой мягкой пшеницы с их генотипическими особенностями. Вывод о влиянии генотипа на формирование нормально развитых проростков из изолированных незрелых зародышей в условиях культуры *in vitro* сделан для ряда внутривидовых гибридов озимой пшеницы [17].

Выводы. Анализ полученных данных подтверждает, что генотип – один из ведущих факторов формирования засухоустойчивости растений. Генотипы яровой мягкой пшеницы, незрелые зародыши которых характеризуются способностью к формированию проростков растений-регенерантов в культуральных *in vitro* условиях имитации засухи (таблица 1), а зрелые зерновки которых характеризуются достаточно

высокой лабораторной всхожестью (таблица 2), что совпадает с результатами аналогичных исследований предыдущих лет, могут быть рекомендованы к использованию для создания засухоустойчивых гибридных линий и включению их в селекционный процесс в качестве исходных форм. Согласно данным трех лет исследований, к таким генотипам следует отнести сорта Башкирская 28 (разработчик: Башкирский НИИ СХ УФИЦ РАН [18]) и Тулайковская 108 (разработчик: Самарский НИИ СХ им. Н.М. Тулайкова Россельхозакадемии [19]).

Исследования проведены с применением приборов ЦКП «Агидель» УФИЦ РАН.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по темам № АААА-А18-118022190099-6 и АААА-А19-119021890026-7.

Библиографический список

1. Сельскохозяйственная биотехнология [Текст] / Под ред. В.С. Шевелухи. изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2008. 710 с.
2. Круглова, Н.Н. Незрелый зародыш пшеницы как морфогенетически компетентный эксплант [Текст] / Н.Н. Круглова, А.А. Катасонова // Физиология и биохимия культурных растений. 2009. Т. 41. С. 124–131.
3. Лутова, Л.А. Биотехнология высших растений [Текст] / Л.А. Лутова; изд. 2-е, доп. СПб.: Санкт-Петербургский ун-т, 2010. 240 с.
4. Игнатова, С.А. Клеточные технологии в растениеводстве, генетике и селекции возделываемых растений: задачи, возможности, разработки систем *in vitro* [Текст] / С.А. Игнатова. Одесса: Астропринт, 2011. 224 с.
5. Круглова, Н.Н. Регенерация пшеницы *in vitro* и *ex vitro* [Текст] / Н.Н. Круглова, О.А. Сельдимирова. Уфа: Гилем, 2011. 124 с.
6. Elhiti M., Stasolla C. The Use of Zygotic Embryos as Explants for In Vitro Propagation: An Overview. Plant Embryo Culture: Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols). V. 170. Eds Thorpe T.A., Yeung E.C. New York: Humana Press, 2011. P. 229–255.
7. Thorpe T.A., Yeung E.C. (eds.). Plant Embryo Culture: Methods and Protocols. New York; London; Dordrecht; Heidelberg: Springer, 2011. 377 p.
8. Круглова, Н.Н. Оптимизация биотехнологии получения растений пшеницы в культуре *in vitro* [Текст] / Н.Н. Круглова // Известия Уфимского НЦ РАН. 2012. № 3. С. 57–61.
9. Круглова, Н.Н. Выявление критической стадии автономности зародыша пшеницы в культуре *in vitro* [Текст] / Н.Н. Круглова // Известия Уфимского научного центра РАН. 2013. № 1. С. 42–45.
10. Круглова, Н.Н. Критическая стадия автономности зародыша пшеницы *in planta* [Текст] / Н.Н. Круглова, О.А. Сельдимирова, А.Е. Зинатуллина, Д.С. Веселов // Биомика. 2018. Т. 10. № 1. С. 1–6.

11. Круглова, Н.Н. Выявление относительной автономности *in planta* зиготических зародышей яровой мягкой пшеницы для оптимизации биотехнологических исследований [Текст] / Н.Н. Круглова, О.А. Сельдиминова, А.Е. Зинатуллина, В.И. Никонов // Известия Уфимского научного центра РАН. 2018. № 3. С. 28–33.

12. Круглова, Н.Н. Периодизация развития зародыша пшеницы как методологический аспект биотехнологических разработок [Текст] / Н.Н. Круглова // Известия Уфимского научного центра РАН. 2012. № 2. С. 21–24.

13. Батыгина, Т.Б. Хлебное зерно [Текст] / Т.Б. Батыгина. Л.: Наука, 1986. 103 с.

14. Куперман, Ф.М. Морфофизиология растений [Текст] / Ф.М. Куперман. М.: Московск. ун-т, 1977. 256 с.

15. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco cul-

tures. J. Physiol. Plant. 1962. V. 15. № 3. P. 473–497.

16. Круглова, Н.Н. Выявление автономности зародыша пшеницы как этап разработки экспресс-диагностической биотехнологии получения засухоустойчивых образцов [Текст] / Н.Н. Круглова // Пермский аграрный вестник. 2014. № 1 (5). С. 38–43.

17. Голева, Г.Г. Получение растений-регенерантов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в культуре *in vitro* [Текст] / Г.Г. Голева, Ю.А. Батлук, Т.Г. Ващенко, Н.Н. Черкасова, А.Д. Голев // Вестник Воронежского гос. аграрного ун-та. Сельскохозяйств. науки. 2014. № 3 (42). С. 17–22.

18. URL: <https://reestr.gossort.com/reestr/sort/9253353>.

19. URL: <http://vniiesh.ru/results/katalog/2452/18540.html>.

Сведения об авторах

1. **Круглова Наталья Николаевна**, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории физиологии растений, Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, 450054, г. Уфа, пр. Октября, 69, тел./факс: +7 (347) 235-62-47, e-mail: kruglova@anrb.ru.

2. **Сельдиминова Оксана Александровна**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии растений, Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, 450054, г. Уфа, пр. Октября, 69, тел./факс: +7 (347) 235-62-47, e-mail: seldimirova@anrb.ru.

3. **Зинатуллина Анна Евгеньевна**, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории физиологии растений, Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, 450054, г. Уфа, пр. Октября, 69, тел./факс: +7 (347) 235-62-47, e-mail: aneta@anrb.ru.

4. **Никонов Владимир Иванович**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и семеноводства яровой пшеницы, Башкирский НИИ СХ УФИЦ РАН, 450071, г. Уфа, ул. Зорге, 19, тел./факс: +7 (347) 223-07-08.

Провели оценку засухоустойчивости незрелых зародышей (17,5–20,0 сут после искусственного опыления) ряда сортов и гибридных комбинаций яровой мягкой пшеницы. Донорные растения выращивали в полевых условиях в вегетационный сезон 2018 г. Выявление засухоустойчивости незрелых зародышей вели по их способности дать начало проростку, развивающемуся до фенофазы кущения *in vitro* в условиях, имитирующих дефицит влаги. Дефицита влаги достигали путём введения в состав питательной среды МС осмотика ПЭГ 6000. Зародыши инкубировали в темноте при +27 °С в течение 21 сут. Вели визуальную оценку морфологических по-

казателей развивающихся проростков регенерантов до фенофазы кущения. Оценивали развитие проростка до фенофазы полной спелости зерна в почвенных условиях *ex vitro* и лабораторную всхожесть полученных зерновок. Выявили генотипы пшеницы, характеризующихся как способностью незрелых зародышей к формированию проростков в условиях имитации засухи, так и достаточно высокой лабораторной всхожестью полученных зерновок. Эти генотипы пшеницы могут быть рекомендованы к использованию для создания засухоустойчивых гибридных комбинаций и включению их в селекционный процесс в качестве исходных форм.

N. Kruglova, O. Seldimirova, A. Zinatullina, V. Nikonov

IDENTIFYING OF DROUGHT TOLERANT WHEAT GENOTYPES IN CULTURE OF IMMATURE EMBRYOS *IN VITRO*

Key words: *embryo; culture in vitro; biotechnology; spring soft wheat; Triticum aestivum L.*

Authors' personal details

1. **Kruglova Natalia**, Doctor of Biology, professor, chief scientific researcher of the laboratory of plant physiology of Ufa Institute of Biology of UFRS RAS, Ufa, 450054, av. October, 69, tel./fax: +7 (347) 235-62-47, e-mail: kruglova@anrb.ru.
2. **Seldimirova Oksana**, Candidate of Biology, leading scientific researcher of the laboratory of plant physiology of Ufa Institute of Biology of UFRS RAS, Ufa, 450054, av. October, 69, tel./fax: +7 (347) 235-62-47, e-mail: seldimirova@anrb.ru.
3. **Zinatullina Anna**, Candidate of Biology, scientific researcher of the laboratory of plant physiology of Ufa Institute of Biology of UFRS RAS, Ufa, 450054, av. October, 69, tel./fax: +7 (347) 235-62-47, e-mail: aneta@anrb.ru.
4. **Nikonov Vladimir**, Candidate of Agriculture, head of laboratory of breeding and seed production of spring wheat of Bashkirian Research Institute of Agriculture of UFRS RAS, Ufa, 450071, Zorge str., 19, tel./fax: +7 (347) 223-07-08.

The drought tolerance of immature embryos (17,5–20,0 days after artificial pollination) of a number of varieties and hybrid combinations of spring soft wheat was assessed. Donor plants were grown in the field during vegetation season 2018.

The detection of drought resistance of immature embryos was conducted by their ability to give rise to a seedling developing to the phenophase of tillering *in vitro* in conditions simulating a moisture deficit. Moisture deficiency was achieved by introducing the PEG 6000 into composition of the nutrient medium MS. The embryos were incubated in the dark at +27 °C for 21 days. Conducted a visual assessment of morphological indicators of developing

seedlings of regenerants to the phenological phase of tillering. The development of the seedling to the phenophase of complete grain ripeness in soil conditions *ex vitro* and the laboratory germination of the obtained grains were evaluated. The wheat genotypes, characterized by both the ability of immature embryos to form seedlings in the conditions of drought simulation and a sufficiently high laboratory germination of the obtained grains were revealed. These wheat genotypes can be recommended for use in the creation of drought-resistant hybrid lines and for their inclusion in the breeding process as initial forms.

© Круглова Н.Н., Сельдиминова О.А., Зинатуллина А.Е., Никонов В.И.

УДК 681.3.06:(658.711.632.92)

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-41-48

Н.Н. Новиков, С.В. Митрофанов, Н.Т. Сорокин, Н.Н. Грачев,
В.С. Никитин, М.М. Варфоломеева, М.Э. Денисова

ЦИФРОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ТРУДА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Ключевые слова: сельское хозяйство; оценка экологической опасности; охрана труда работников; пакет программ; цифровая технология; мероприятия.

Введение. Экологические проблемы сегодня являются одними из наиболее важных и глобальных. В указе Президента РФ № 204 от 7.05.2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года» Правительству РФ поручается разработать национальные проекты (программы), в числе которых здравоохранение, экология, цифровая экономика и др. Исследования проблем охраны труда и экологической безопасности в

сельском хозяйстве ведутся нами на протяжении последних 15 лет [1–7]. В научно-исследовательских работах этого периода исследованы, обоснованы и разработаны теоретические положения и составляющие методологии формирования рационального состава показателей комплексной оценки экологической опасности и охраны труда, их критериев, а также методика и модель комплексной оценки экологической опасности и охраны труда при использовании

средств химизации сельхозорганизациями для оперативного мониторинга и принятия управленческих решений по улучшению состояния окружающей среды, сохранению работоспособности и снижению заболеваемости работников, занимающихся агрохимическим обеспечением сельского хозяйства, и членов их семей. Еще более остро будут обозначаться данные проблемы при реализации долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2025 года и на перспективу до 2035 года. Все это потребует дополнительных затрат, повышения обеспеченности средствами химизации, механизации сельского хозяйства с учетом современных тенденций в различных областях знаний, связанных с производством зерна.

Цель исследований – доказать необходимость создания информационно-компьютерной (цифровой) технологии для комплексной оценки экологической опасности и охраны труда, основанной на использовании разработанной модели. Данная технология предназначена для оперативного управления экологической безопасностью и охраной труда в сельскохозяйственных организациях.

Методикой предусматривается оценка показателей в баллах, при этом минимальному значению риска соответствует 1 балл, максимальному (критическому) – 150 баллов и более. В настоящее время практически не существует программных продуктов для мониторинга состояния загрязненных почв и продукции сельского хозяйства остаточными пестицидами и солями тяжелых металлов, а также контроля за балансом азота, фосфора, калия в полях севооборота, за отходами производства, за нагрузкой скота на пастбищные угодья, за соотношением стабилизирующих и дестабилизирующих факторов, за уровнем инвестиций в охрану окружающей среды, охрану труда, за уровнем экологической культуры и культуры охраны труда работников и населения.

Использование информационных технологий для решения задачи оценки экологической опасности и охраны труда требует создания системы управления базой данных (СУБД), которая является незаменимым элементом информационно-программного комплекса, позволяющего аккумулировать воедино информацию из самых разных источников, а также позволяет оперативно получать необходимые сведения, представлять их заинтересованным лицам с помощью отчетов, диаграмм, графиков или таблиц. Схема алгоритма решения задачи комплексной оценки показателей экологической опасности и охраны труда представлена на рисунке 1.

Оценка проводится в соответствии с разработанной моделью с использованием соответствующих исходных данных и нормативов. Программный комплекс оценки экологической опасности и охраны труда предназначен для создания информационной технологии, которая включает 9 блоков оценки: загрязнения почв и продукции пестицидами; загрязнения почв и продукции тяжелыми металлами; класса опасности отходов и побочных продуктов; условий труда на рабочем месте; экологической культуры и культуры охраны труда работников и населения; уровня инвестиций в охрану труда, окружающей среды и экологически безопасной продукции; влияния применения минеральных удобрений на экологию окружающей среды; нагрузки скота на пастбищные угодья и соотношения стабилизирующих и дестабилизирующих факторов.

Объектами при разработке программного обеспечения (ПО) информационной модели являются экологические и профессиональные риски в процессе сельскохозяйственного производства. Программный комплекс разработан в среде Visual Foxpro 9.0. Интерфейс программного комплекса и фрагменты входной и выходной информации представлены на рисунках 2–4. Программный продукт прошел опытную производственную апробацию в ООО «Малинищи» Пронского района Рязанской области. По результатам апробации установлено, что полученные оценки не превысили критического значения уровня рисков в 150 баллов. Первым и шестым блоками модели предусмотрена оценка загрязненности почв и продукции пестицидами и солями тяжелых металлов.

Загрязнение почв тяжелыми металлами оценивается в баллах: свинцом – 20 баллов, ртутью – 0 баллов, кадмием – 20 баллов, мышьяком – 150 баллов.

Анализ результатов санитарно-гигиенических исследований наличия тяжелых металлов (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк) и пестицидов (ГХЦГ, ДДТ) в мясе говядины в ООО «Малинищи» свидетельствует о непревышении величины допустимого уровня и оценивается в соответствии с разработанной моделью в 20 баллов. Однако по двум позициям (ГХЦГ и ДДТ) эта величина составляет 50 % от ПДК, что не может не настораживать. Достаточно велико содержание свинца (20 % от ПДК) в мясе говядины.

Вторым блоком модели предусмотрена оценка баланса азота, фосфора и калия, обеспечивающего охрану окружающей среды, с использованием ранее разработанной институтом программы и включенной в данный комплекс.

Рисунок 1
Общая схема алгоритма цифровой технологии комплексной оценки показателей опасности и условий труда в сельхозорганизации

Рисунок 2
Главное окно программного комплекса

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И ПРОДУКЦИИ ПЕСТИЦИДАМИ

Входные данные

Нормы содержания пестицидов в почве и продукции, мг/кг

Наименование	Почва	Мясные	Рыба	Молочные	Зерно	Овощи	Фрукты	Соки
Тиам (фунгицид)	0.060	0.010	0.010	0.010	0.010	0.100	5.000	0.010
Циперметрин (включая альфа-, бет	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Гексахлорциклогексан		0.100						
ДДТ и его метаболиты		0.100						

Фактические данные содержания пестицидов в почве и продукции, мг/кг

Наименование	Почва	Мясные	Рыба	Молочные	Зерно	Овощи	Фрукты	Соки
Гексахлорциклогексан		0.050						
ДДТ и его метаболиты		0.050						

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И ПРОДУКЦИИ ПЕСТИЦИДАМИ

Рисунок 3
Форма для ввода данных оценки загрязнения почв и продукции пестицидами

Показатели уровня загрязнения продукции пестицидами, балл

Хозяйство 000 "Малинники" Пронского района Рязанской области

Наименование пестицида	Соответствует ДОК, ПДК						
	мясо	рыба	молоч- ные	зерно	овощи	фрукты	соки
Гексахлор-циклогексан	20.000	.0000	.0000	.0000	0.0000	.0000	.0000
ДДТ (инсектицид)	20.000	.0000	.0000	.0000	0.0000	.0000	.0000

Рисунок 4
Фрагмент выходной формы

Расчет баланса азота, фосфора и калия, выполненных по озимой пшенице с запланированной урожайностью в 30, 40 и 50 ц/га по полю площадью 90 га с учетом материалов агрохимического обследования в двух вариантах по минимальным и максимальным значениям наличия питательных веществ в почве, свидетельствует о том, что наличие питательных веществ в почве данного поля, по данным обследования, не превышает уровня их потребности под запланированный урожай и оценивается как приемлемое и обеспечивающее охрану окружающей среды в 1 балл.

Третьим блоком модели предусмотрена оценка нагрузки скота на пастбищные угодья. Расчеты по разработанной модели показывают, что нагрузка скота на пастбищные угодья в ООО «Малинники» составляет до 541 голову на 100 га при нормативной нагрузке до 217 условных голов, что оценивается в соответствии с разработанной моделью как высокая – в 150 баллов.

Четвертым блоком модели предусмотрена оценка соотношения стабилизирующих и дестабилизирующих факторов. В ООО «Малинники» доля дестабилизирующих угодий составляет

93 %, в том числе на пашню приходится 79,6 %, что оценивается как сильно дестабилизирующее – в 100 баллов.

Пятым блоком модели предусматривается оценка опасности отходов и побочных продуктов. Класс опасности отходов определяется в соответствии с «Критериями отнесения отходов к I–V классам по степени негативного воздействия на окружающую среду». Свежий навоз крупного рогатого скота относится к IV классу опасности, а перепревший – к V классу. Поэтому чтобы минимизировать ущерб от воздействия свежего навоза на окружающую среду, требуется особый порядок его складирования с соблюдением требований к охраняемым санитарно-защитным зонам, очистным сооружениям и хранилищам навоза. Учитывая условия утилизации и использования навоза в ООО «Малинники», его можно отнести к IV и V классам опасности с оценкой в баллах от 0 до 20.

Седьмым блоком модели предусмотрена оценка условий труда на рабочем месте. Специальная оценка условий труда, проведенная нами в ООО «Малинники», показала, что в основном условия труда относятся к 1 и 2 классам, что оценивается в 1–2 балла.

Восьмым блоком предусмотрена оценка инвестиций в охрану труда, окружающую среду и экологически безопасную продукцию. Расходы на эти цели составляют 0,35 процента от стоимости валовой продукции, что оценивается как низкий уровень инвестиций – в 100 баллов.

Девятым блоком предусмотрена оценка экологической культуры работников и населения. Оценка группой экспертов уровня экологической культуры работников ООО «Малинищи» по каждому критерию, предусмотренному моделью, показывает, что он соответствует среднему уровню и оценивается от 15,5 до 35 баллов.

По результатам комплексной оценки выявлены узкие места в экологической обстановке и охране труда, которые по сумме баллов, полученных в процессе комплексной оценки, указывают на уровень опасности. Это высокий уровень загрязненности почв рядом тяжелых металлов и мышьяком. Относительно уровня ПДК

мышьяка в почве существуют разные мнения ученых. По мнению авторов Безугловой О.С. и Околеновой А.А [8], предлагается оценивать загрязнение как слабое при его значениях от фона до ПДК, которое рассчитывается как превышение фоновых величин на 2 мг/кг. Или с учетом кларка мышьяка в почвах, что для черноземов ООО «Малинищи» составляет 7,6 мг/кг (кларк – 5,6 мг/кг плюс ПДК 2 мг/кг, всего 7,6 мг/кг). Поэтому фактическое значение содержания мышьяка в почвах ООО «Малинищи» можно считать не превышающим норматив. Следует отметитьстораживающий остаточный уровень пестицидов в продукции (мясо КРС), высокую нагрузку скота на пастбищные угодья и неблагоприятное соотношение стабилизирующих и дестабилизирующих факторов. По всем этим отклонениям от критериальных значений даны соответствующие рекомендации, которые представлены в обобщенном виде на рисунке 5.

Рисунок 5
Пути снижения вредного воздействия сельскохозяйственных технологий и техники на компоненты природной среды и человека

Выводы. В ходе исследований разработана модель комплексной оценки показателей экологической опасности и охраны труда, включающая перечни и идентификаторы входной и выходной информации и алгоритм преобразования входной информации в выходную. Разработанная модель использована в качестве основы для разработки информационно-компьютерной технологии комплексной оценки экологической опасности и охраны труда в сельском хозяйстве

и реализована в пакете программ с инструкциями для пользователя.

Проверка разработанной модели осуществлена на примере ООО «Малинищи» Пронского района Рязанской области с учетом данных агрохимического обследования почв и санитарно-гигиенического исследования продуктов на предмет содержания тяжелых металлов и пестицидов. Проведенная проверка модели комплексной оценки показателей экологической опасно-

сти и охраны труда по всем девяти блокам показала, что большинство оцениваемых показателей в ООО «Малинищи» в пределах допустимых критериальных значений и только соотношение стабилизирующих и дестабилизирующих факторов оценивается как сильно дестабилизирующее и требует разработки мероприятий по сокращению площади пашни и расширению доли других средостабилизирующих угодий (леса,

кустарника и лесополосы, кормовых угодий). Расширение кормовых угодий позволит также снизить высокую нагрузку скота на пастбища.

Предложены мероприятия по совершенствованию управления экологической безопасностью и охраной труда в условиях развития органического земледелия и современного развития цифровых технологий при организации севооборотов и поддержания плодородия почв.

Библиографический список

1. Грачев, Н.Н. Организационно-экономические аспекты совершенствования охраны труда в сельском хозяйстве [Текст]: монография / Н.Н. Грачев. Рязань: ФГБНУ ВНИМС, 2015. 335 с.

2. Разработать методологию комплексной оценки экологической опасности при использовании средств химизации сельхозпредприятиями [Текст]: отчет о НИР / Науч. рук. Н.Н. Новиков; исполн. Н.Н. Грачев [и др.]. Рязань: ФГБНУ ВНИМС, 2015. 83 с. № Г.Р. 115031770 02. Инв. № 2426.

3. Разработать методику комплексной оценки экологической опасности и охраны труда в условиях развития органического земледелия [Текст]: отчет о НИР / Науч. рук. Т.Г. Солдатова; исполн. Н.Н. Грачев [и др.]. Рязань: ФГБНУ ВНИМС, 2016. 114 с. № Г.Р. 116022010 0184. Инв. № 2435.

4. Разработать научно-обоснованные критерии комплексной оценки экологической опасности и охраны труда в условиях развития органического земледелия [Текст]: отчет о НИР / Науч. рук. Н.Н. Грачев; исполн. Н.Н. Грачев [и др.]. Рязань: ФГБНУ ВНИМС, 2017. 122 с. № Г.Р. АААА-А17-117021750026-2. Инв. № 2442.

5. Сорокин, Н.Т. Экологические аспекты продовольственной безопасности [Текст]: науч. изд. / Под рук. Н.Т. Сорокина; авт. коллектив: Н.Н. Новиков, Н.Н. Грачев, А.В. Денисов и др.; ФГБНУ ВНИМС. Рязань: ФГБНУ ВНИМС, 2017. 123 с.

6. Сорокин, Н.Т. Рекомендации для сельскохозяйственных предприятий по совершенствованию управления экологической безопасностью и охраной труда [Текст]: науч. изд. / Под рук. Н.Т. Сорокина; авт. коллектив: Н.Н. Новиков, Н.Н. Грачев, А.В. Денисов, И.С. Машков, М.Э. Денисова; ФГБНУ ВНИМС. Рязань: ФГБНУ ВНИМС, 2018. 210 с.

7. Новиков, Н.Н. Модель комплексной оценки показателей экологической опасности и охраны труда в условиях развития органического земледелия [Текст] / Н.Н. Новиков, Н.Т. Сорокин, Н.Н. Грачев, И.С. Машков, М.Э. Денисова, В.С. Никитин, М.М. Варфоломеева, В.Ф. Евтюхин // Юг России: экология, развитие. 2019. № 2.

8. Безуглова, О.С. О нормировании содержания мышьяка в почвах [Электронный ресурс] / О.С. Безуглова, А.А. Околелова // Живые и биокосные системы. 2012. № 1. Режим доступа: <http://www.jbks.ru/archive/issue-1/article-6>.

Сведения об авторах

1. **Новиков Николай Николаевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, врио директора, Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 390025, Рязань, ул. Щорса, 38/11, тел.: +7 (0912) 98-56-73, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru.

2. **Митрофанов Сергей Владимирович**, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора, Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 390025, Рязань, ул. Щорса, 38/11, тел.: +7 (0912) 98-56-73, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru.

3. **Сорокин Николай Тимофеевич**, доктор экономических наук, главный научный сотрудник, Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 390025, Рязань, ул. Щорса, 38/11, тел.: +7 (0912) 98-56-73, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru.

4. **Грачев Николай Николаевич**, кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал Федерального государ-

ственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 390025, Рязань, ул. Щорса, 38/11, тел.: +7 (0912) 98-56-73, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru.

5. **Никитин Василий Степанович**, специалист 1 категории, Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 390025, Рязань, ул. Щорса, 38/11, тел.: +7 (0912) 98-56-73, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru.

6. **Варфоломеева Мария Михайловна**, старший научный сотрудник, Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 390025, Рязань, ул. Щорса, 38/11, тел.: +7 (0912) 98-56-73, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru.

7. **Денисова Маргарита Эмильевна**, научный сотрудник, Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 390025, Рязань, ул. Щорса, 38/11, тел.: +7 (0912) 98-56-73, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru.

На основе многолетних исследований разработаны методология, методика и модель комплексной оценки экологической опасности и охраны труда в сельскохозяйственном производстве, которые явились основой для создания пакета программ цифровой технологии данного процесса для использования хозяйствами в практической деятельности. Пакет программ включает следующие блоки: оценку загрязнения почв и продукции пестицидами; оценку загрязнения почв и продукции тяжелыми металлами; оценку класса опасности отходов и побочных продуктов; оценку условий труда на рабочем месте; оценку экологической культуры и культуры охраны труда работников и населения; оценку уровня инвестиций в охрану труда, окру-

жающей среды и экологически безопасной продукции; оценку влияния применения минеральных удобрений на экологию окружающей среды; оценку нагрузки скота на пастбищные угодья и соотношения стабилизирующих и дестабилизирующих факторов. Программный продукт, разработанный в соответствии с моделью комплексной оценки экологической опасности и охраны труда, прошел опытную производственную апробацию в ООО «Малинищи» Пронского района Рязанской области, в результате которой выявлены отклонения показателей опасности от критериальных значений. На основе полученных данных разработаны мероприятия по снижению уровня воздействия негативных факторов на окружающую среду и человека.

N. Novikov, S. Mitrofanov, N. Sorokin, N. Grachev,
V. Nikitin, M. Varfolomeeva, M. Denisova

DIGITAL TECHNOLOGY FOR INTEGRATED ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL HAZARDS AND LABOR PROTECTION IN AGRICULTURE

Key words: *agriculture; environmental hazard assessment; labor safety; software package; digital technology; activities.*

Authors' personal details

1. **Novikov Nikolay**, Candidate of Agricultural Sciences, associate Professor, acting Director, Institute of Technical Provision of Agriculture – branch of Federal Research Center of Agricultural Engineering of All-Russian Institute of Mechanization, 390025, Ryazan, Shchorsa st., 38/11, phone: +7 (0912) 98-56-73, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru.

2. **Mitrofanov Sergey**, Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Director, Institute of Technical Provision of Agriculture – branch of Federal Research Center of Agricultural Engineering of All-Russian Institute of Mechanization, 390025, Ryazan, Shchorsa st., 38/11, phone: +7 (0912) 98-56-73, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru.

3. **Sorokin Nikolay**, Dr. Economic Sciences, chief scientist, Institute of Technical Provision of Agriculture – branch of Federal Research Center of Agricultural Engineering of All-Russian Institute of Mechanization, 390025, Ryazan, Shchorsa st., 38/11, phone: +7 (0912) 98-56-73, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru.

4. **Grachev Nikolay**, Candidate of Economic Sciences, associate Professor, leading researcher, Institute of Technical Provision of Agriculture – branch of Federal Research Center of Agricultural Engineering of All-

Russian Institute of Mechanization, 390025, Ryazan, Shchorsa st., 38/11, phone: +7 (0912) 98-56-73, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru.

5. **Nikitin Vasily**, specialist of 1 category, Institute of Technical Provision of Agriculture – branch of Federal Research Center of Agricultural Engineering of All-Russian Institute of Mechanization, 390025, Ryazan, Shchorsa st., 38/11, phone: +7 (0912) 98-56-73, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru.

6. **Varfolomeeva Maria**, leading researcher, Institute of Technical Provision of Agriculture – branch of Federal Research Center of Agricultural Engineering of All-Russian Institute of Mechanization, 390025, Ryazan, Shchorsa st., 38/11, phone: +7 (0912) 98-56-73, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru.

7. **Denisova Margarita**, Researcher, Institute of Technical Provision of Agriculture – branch of Federal Research Center of Agricultural Engineering of All-Russian Institute of Mechanization, 390025, Ryazan, Shchorsa st., 38/11, phone: +7 (0912) 98-56-73, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru.

The methodology, technique and model of complex assessment of ecological danger and labor protection in agricultural production, which were the basis for creation of a package of programs of digital technology of this process for use by farms in practical activity, are developed on the basis of long-term researches. The program package includes the following blocks: assessment of soil and product contamination by pesticides; assessment of soil and product contamination by heavy metals; assessment of hazard class of waste and by-products; assessment of working conditions in the workplace; assessment of ecological culture and culture of labor protection of workers and the population; assess-

ment of the level of investment in labor protection, environment and environmentally safe products; assessment of the impact of mineral fertilizers on the environment; assessment of the load of cattle on pastures and the ratio of stabilizing and destabilizing factors. The software product developed in accordance with the model of integrated assessment of the environmental and occupational safety, held a pilot production testing in JSC «Malinichi» in Pronsky district of the Ryazan region, in which deviations from the risk indicators from criterion values were determined. On the basis of the obtained data, measures to reduce the impact of negative factors on the environment are developed.

© Новиков Н.Н., Митрофанов С.В., Сорокин Н.Т., Грачев Н.Н.,
Никитин В.С., Варфоломеева М.М., Денисова М.Э.

УДК 332.332:631.1-04736

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-48-54

Н.Н. Солодков, О.М. Молчанов

МОНИТОРИНГ ЗАРАСТАНИЯ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Ключевые слова: геоинформационные системы; дешифрирование; неиспользуемые земли; лесостепь; Поволжье; мониторинг.

Введение. По итогам Всероссийской сельскохозяйственной переписи населения [4] 2016 г. общая площадь неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения составляет 97,2 млн га (44 % от общего числа сельскохозяйственных угодий). Основная доля этих площадей приходится на северные агроклиматические зоны с малоплодородными землями. Если для степи эта проблема не является острой, то в лесостепной полосе задача ввода в оборот неиспользуемых земель является актуальной задачей. С 2015 г. в Пензенской области функционирует система мониторинга и механизм вовлечения в сельскохозяйственный оборот неиспользу-

емых земель. За период 2015–2018 гг. было введено 22 тыс. га преимущественно в Мокшанском и Пензенском районах Пензенской области. Это одна из самых успешных систем в России. Основу её составляет наблюдение за состоянием сельскохозяйственных земель по данным космических снимков Goggle и Yandex с выездом на место и фотофиксацией выполненных работ.

Космические снимки высокого разрешения позволяют рассмотреть коренные изменения на сельскохозяйственных землях. Например, результаты водной эрозии, дефляции, зарастание древесной растительностью и пр. Однако выявление особенностей распространения рудераль-

ной растительности и последствия деградации почв в «естественных» цветах затруднительно. Зачастую они фиксируются только на фотоматериалах при детальном обследовании всего участка. В связи с этим такой мониторинг малоэффективен.

Использование геоинформационных систем позволяет устранить методологическую проблему. Существует множество ГИС-приложений, распространяющихся безвозмездно, а космические снимки находятся в свободном доступе в сети Internet. Например, широко используются результаты миссии Landsat 4–8, а программа немецкого производства Saga GIS позволяет обработать полученные результаты.

Целью исследования является определение интенсивности процессов зарастания неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения. В качестве объекта изучения определены два основных участка сельскохозяйственных угодий Пензенского района Пензенской области, относящихся к Вязовскому и Алферьевскому сельскохозяйственным советам. Предмет изучения – совершенствование системы комплексного мониторинга неиспользуемых земель с использованием ГИС-технологий. Для реализации поставленной цели определены следующие **задачи**: охарактеризовать состояние объектов исследования: зарастание, тип почв и геологическую основу; выявить основные процессы и скорость зарастания неиспользуемых земель; определить факторы, влияющие на изменение скорости зарастания неиспользуемых сельскохозяйственных земель.

Условия, материалы и методы исследования. Пензенская область расположена в лесостепной зоне в умеренно-теплой климатической области теплого агроклиматического района (сумма биологически активных температур более 2300 °С) умеренного увлажнения (гидротермический коэффициент менее 1,1). Среднегодовое количество осадков – 536 мм/год. На вегетационный период приходится 288 мм, при этом осадки имеют преимущественно ливневый характер [1]. Рельеф Пензенского района возвышенный и представляет собой западные отроги пластово-денудационного плато – Сурской Шишки, поверхность которой сложена песками мелового и суглинками палеогенового возраста. Почвенный покров представлен дерново-подзолами иллювиально-железистыми, серыми и черноземами глинисто-иллювиальными и миграционно-мицеллярными (в классификации почв России 2004 г.) на склонах и поверхностях водоразделов. В сентябре 2018 г. были организованы экспедиции на объекты исследования с кадастровыми номерами 58:24:0375801:162

(сельсовет Алферьевский) и 58:24:0284403:80 (сельсовет Вязовский, рисунок 1). Полевые исследования сопровождались фотофиксацией результатов и охватывали изучение общего состояния неиспользуемых земель (тип зарастания и его ботанический состав), а также определение типов почв и их краткая характеристика. Камеральные работы состояли из выбора космических снимков миссии Landsat 5–8 за 17.06.1989 г., 12.06.1996 г., 6.06.2007 г., 19.05.2007 г., 14.06.2016 г., 28.08.2018 г. Дальнейшая обработка проводилась в программе Saga GIS 7.2.0. Для оценки состояния сельскохозяйственных угодий выбрано следующее сочетание спектров Red – Near Infrared, Green – Shortwave infrared, Blue – Blue. В этом сочетании растительный покров отображается, как правило, в тонах красного оттенка (от бурого до оранжевого). Почвенный покров изображен зелеными и коричневыми тонами. Голубые оттенки свидетельствуют о вырубках, а красноватые – о восстановлении растительности. Водные объекты представлены синим цветом [11]. Для определения границ угодий добавлен слой (shape), составленный на основе данных публичной кадастровой карты [7]. Определение топографических характеристик проводилось по снимкам SRTM 45–46, по которым построены горизонталы с высотой сечения 10 м. Все космические снимки приведены в единой системе координат Transverse_Mercator.

Результаты исследования. Общая площадь выделенного участка Алферьевского сельсовета составляет 623 га. Микроронижения заняты ольхой черной (*Alnus glutinosa* L.) и ивой козьей (*Salix caprea* L.), а на пологих участках – молодой порослью березы бородавчатой (*Betula pendula* Roth) и сосной обыкновенной (*Pinus silvestris* L.). Травянистый покров представлен тимфеевкой луговой (*Pheum pretense* L.), лисохвостом луговым (*Alopecurus pratensis* L.), пижмой обыкновенной (*Tanacetum vulgare*). Почвы – черноземы глинисто-иллювиальные с хорошо выраженным пахотным горизонтом мощностью 10–12 см. Объект расположен в пределах северо-восточного участка пластово-денудационной возвышенности на высоте 250–270 м с уклоном менее 1°. На снимке травянистый покров представлен так называемым «карибским» зеленым (Red – 28, Green – 197, Blue – 136), а молодые деревья – от светлой до коричневой охры (Red – 159, Green – 93, Blue – 35). Расчет топографического индекса увлажненности показывает, что переувлажненные участки отмечены темно-охристым (заняты тальником и ольшаником) и светло-коричневым цветом (заняты древесной растительностью – березой и сосной).

Участок кадастровый номер 58:2460375801:162
(Пензенская обл., р-н Пензенский, с/с Алферьевский)

Участок кадастровый номер 58:24:0284403:80
(Пензенская область, р-н Пензенский, с/с Вязовский)

Условные обозначения:

■ - границы земельных участков

Горизонтالي построены на основе данных радиолокационной топографической миссии SRTM_45 и SRTM_46. Высота сечения рельефа 10 м.

Исходный снимок Landsat: LC08_L1TP_173023_20180828_20180911_01_T1.

Последовательность наложенных каналов:

Red - band 5 (Near Infrared)

Green - band 6 (Shortwave Infrared 1)

Blue - band 2 (Blue).

Рисунок 1

Фрагменты космических снимков объектов исследования в спектральной обработке

Площадь исследованного участка Вязовского сельсовета – 186,57 га. Абсолютные высоты изменяются от 208 м. н. м. до 248 м. н. м. При этом восточная часть участка приурочена к западному склону возвышенности, где уклоны увеличиваются до 4°. Здесь же отмечается наибольшее залесение. Покрытые лесом участки ранее не распахивались, что отражает противоэрозионные мероприятия, проводимые в прошлом. Древесная растительность изображена на снимке ярко красно-оранжевым цветом и его оттенками (Red – 231, Green – 57, Blue – 22) и представлена березой бородавчатой (*Betula pendula* L.). Злаковое разнотравье состоит из типчака (*Festuca valesiaca* L.) и лисохвоста лугового (*Alopecurus pratensis* L.). Собственно пашня на поверхности имеет пахотные борозды, заросли бурьяна, который отображается в оттенках каштанового цвета (Red – 189, Green – 90, Blue – 87). Ботанический состав включает щавель курчавый (*Rumex crispus* L.), одуванчик лекарственный (*Leontodon taraxacum* L.), пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris* L.), сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris* L.), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), кипрей узколистный (*Chamaenerion angustifolium* L.). Местами встречаются группировки молодой поросли *Betula*, *Prunus padis* L., *Malus sylvestris* L., а также *Astragalus arenarius* L. и *Picea abies* L. на опесчаненных участках, которые отображаются на

снимке коричневато-оранжевым оттенком (Red – 194, Green – 77, Blue – 40). Юго-восточные склоны участка эродированы и вскрывают верхнемеловые пески кампанского яруса. Здесь распространены ксерофитные фитоценозы из моховой растительности, типчака (*Festuca* L.), солонечника мохнатого (*Galatella villosa* L.) и пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.). В расширениях эрозионных рытвин заметна рябь, которая отражает процессы дефляции. Почвы темно-серые (мощностью до 80 см) на мореных суглинках.

На рисунке 2 представлена динамика изменения площадей исследуемых участков, полученная на основе обработки данных Landsat-8 за 2013–2018 гг. Различия в общей площади участков и ареалов зарастания располагают графики на разной высоте. Однако заметен общий тренд на увеличение занимаемых площадей кустарниковой и древесной растительностью. Общая площадь земель, заросших бурьяном и древесной растительностью, исследуемого участка Алферьевского сельсовета составила 183,44 га в 2018 г. С 2013 г. этот показатель увеличился на 73,61 %. Значительно увеличились территории, занятые порослью, за изучаемый период в пределах участка Вязовского сельсовета – на 52,06 %. Так, если в 2013 г. этот показатель составлял 16,74 га, то в 2018 г. – уже 34,92 га. Следовательно, процесс зарастания развивается стремительно. Расчет среднего приращения

зарастания площадей в год участка Алферьевского сельсовета составил 3,24 га/год, а Вязовского сельсовета – 2,06 га/год. С такой скоростью полное зарастание первого участка произойдет за 136 лет, а второго – за 74 года. Вызывает интерес скачок площадей заросших земель в 2016 г. Для этого по архивным данным Гидрометцентра РФ [3] рассчитано отклонение от климатической нормы суммарной величины осад-

ков и средней температуры по месяцам и составлен график (рисунок 3). Приведенные сведения характеризуют климат 2016 года как влажный и теплый. Ранняя весна принесла с собой избыток влаги. Влажное и прохладное лето позволило растениям увеличить вегетационную массу травянистой растительности. В сумме это повлекло сдвиг в красновато-оранжевые оттенки на снимках Landsat-8.

Рисунок 2

Динамика изменения площадей, заросших древесной и кустарниковой растительностью, за период 2013–2018 гг., га

Рисунок 3

Отклонение от нормы суммарной величины осадков (мм) и средней температуры (°C) по месяцам 2016 г.

Следовательно, имеет место утверждение прямой зависимости скорости зарастания сельскохозяйственных земель древесной и кустарниковой растительностью от потепления климата, когда зимы становятся теплыми, а лето – влажным.

Выводы. В результате комплексного исследования неиспользуемых земель Пензенского района Пензенской области было выявлено следующее.

1. Наиболее опасным является зарастание земель древесной и кустарниковой растительно-

стью, поскольку требуются серьезные технические и экологические ресурсы по их рекультивации. Как правило, на таких участках встречаются мелколиственные (*Betula* L.) и хвойные (*Pinus* L.) породы, а низинные участки заняты тальником или ольшанником.

2. Ослабление антропогенного фактора не вызывает стабилизации агроландшафтов: развиваются процессы водной эрозии и дефляции. Особенно это касается участков со среднетемными темно-серыми почвами на песчаной геологической основе.

3. Зарастание сельскохозяйственных земель осуществляется по краю ареала распространения кустарниковой и древесной растительности. Скорость этого процесса для лесостепной зоны составляет 2–3 га/год. Не исключено, что этот процесс находится в прямой зависимости от площади заросших земель, что требует дальнейших исследований и достоверной выборки объектов исследования.

4. На скорость зарастания влияет потепление климата. Чем более теплым становится

зима, влажным и прохладным лето, тем с большей скоростью сельскохозяйственные земли занимаются бурьяном, древесной и кустарниковой растительностью.

5. Использование спутниковых данных в сочетании с геоинформационной обработкой позволило автоматизировать процесс зарастания на неиспользуемых землях. Оптимальной для дешифрирования оказалось сочетание спектров Red – Near Infrared, Green – Shortwave infrared, Blue – Blue. Кустарники дают оттенки оранжевого цвета, хвойные – буроватых тонов, а древесная растительность – переход в красноватые цвета. При этом необходимо делать поправки на сезон: ранней весной и осенью с учетом малой облиственности оттенки приближаются к буроватому цвету, что сближает кустарники и деревья в спектр хвойных.

Дальнейшее использование ГИС-технологий в исследовании неиспользуемых земель имеет большие перспективы в плане изучения эрозионно-аккумулятивных процессов, изменений почвенного покрова, рекультивации земель и пр.

Библиографический список

1. Агроклиматические ресурсы Пензенской области [Текст]: справочник // Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Куйбышев. гидрометеорол. обсерватория. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 131 с.

2. Артемова, С.Н. Трансформация лесных ландшафтов Пензенской области [Текст] / С.Н. Артемова, О.М. Уханова // Региональные аспекты географических исследований и образования: сборник статей X Всероссийской науч.-практ. конф. Пенза: ПГУ, 2014. С. 10–16.

3. Гидрометцентр России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/>, дата обращения: 20.02.2019.

4. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года: в 8 т. [Текст] // Федеральная служба гос. статистики. М.: Статистика России, 2018. 458 с.

5. Куриленко, В.В. Эколого-геологическая и биогеохимическая оценка воздействия полигонов бытовых отходов на состояние окружающей среды [Текст] / В.В. Куриленко, И.И. Подлипский, Н.Г. Осмоловская Н.Г. // Экология и промышленность России. М.: Калвис, 2012. № 11. С. 28–32.

6. Лихачева, Э.А. Экологическая геоморфология [Текст] / Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеев. М.: Медиа-Пресс, 2004. 240 с.

7. Публичная кадастровая карта России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://публичная-кадастровая-карта.рф>, дата обращения 15.09.2018.

8. Солодков, Н.Н. Геосистемы Ахунского лесничества [Текст] / Н.Н. Солодков, С.С. Ухмакова, А.А. Яшин, И.И. Казаков, Е.А. Ошкина // Региональные аспекты географических исследований и образования. Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 210-летию со дня рождения уроженца Пензенской губернии, исследователя Русской Америки Л.А. Загоскина / Под редакцией Н.А. Симаковой, С.Н. Артемоной. Пенза: ПГУ, 2018. С. 90–93.

9. Солодков, Н.Н. Ландшафтоведение [Текст] / Н.Н. Солодков, А.И. Чурсин. Пенза: ПГУАС, 2017. 100 с.

10. Шишов, Л.Л. Классификация и диагностика почв России [Текст] / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

11. Quinn J.W. Portland state university education [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://web.pdx.edu/~emch/ip1/bandcombinations.html>, дата обращения 10.02.2019.

Сведения об авторах

1. **Солодков Николай Николаевич**, ORCID: 0000-0003-4357-1973, кандидат географических наук, доцент кафедры землеустройства и геодезии, ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет

архитектуры и строительства, 440028, Пензенская область, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28, к. 2, тел.: +7 (8412) 92-93-75, вн. 11-70, e-mail: niconsol@yandex.ru.

2. **Молчанов Олег Михайлович**, студент 4 курса направления подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 440028, Пензенская область, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28, e-mail: molchanov-24@mail.ru.

Проблема зарастания плодородных земель лесостепной зоны требует научного решения. В связи с этим в статье представлено использование технологий геоинформационных систем вкпе с полевыми исследованиями для мониторинга зарастания неиспользуемых сельскохозяйственных земель. Отобраны два участка сельскохозяйственных земель Пензенского района Пензенской области с участками, заросшими бурьяном, молодой порослью древесной растительности и кустарниками. Дешифрирование космических фотоснимков проводилось с опорой на данные координат GPS и космических снимков Landsat-8 в спектре Near Infrared, Shortwave infrared, Blu. Методическую основу составили рекомендации по дешифрированию Портландского университета. Определена площадь распространения за 2013–2018 гг., рассчитана её скорость, которая составляет 2–3 га/год. Предложены поправки к дешифрированию космических снимков с учетом региональных осо-

бенностей. Представлен ботанический состав поросли, определен тип почв (черноземы глинисто-иллювиальные и темно-серые среднесиловые) и геология. Зарастание, как правило, определяется распространением *Betula pendula* R. и *Pinus silvestris* L. Использование топографического индекса переувлажненности позволило установить закономерности приуроченности состава растительности к локальным местам избытка и недостатка влаги. Так, на переувлажненных участках встречается *Alnus glutinosa* L. и *Salix caprea* L., возвышенные участки с выраженной аридностью заняты *Pinus silvestris* L. и *Picea abies* L. В условиях ослабления антропогенного фактора темно-серые среднесиловые почвы на песчаных породах мелового и палеогенового возраста подвержены водной эрозии и дефляции. Показана взаимосвязь между развитием процессов зарастания и потеплением климата, когда зимы становятся теплыми и снежными, а лето – прохладным и влажным.

N. Solodkov, O. Molchanov

MONITORING OF THE OVERGROWING OF UNUSED AGRICULTURAL LAND BASED ON GIS TECHNOLOGY

Key words: *geographic information systems; interpretation; unused land; forest-steppe; Volga region; monitoring.*

Authors' personal details

1. **Solodkov Nikolay**, ORCID: 0000-0003-4357-1973, Candidate of geographical Sciences, associate Professor of the Department land Management and geodesy of Penza state University of architecture and construction, 440028, Penza region, Penza, German Titov St., 28, phone: +7 (8412) 92-93-75, e-mail: niconsol@yandex.ru.

2. **Molchanov Oleg**, the student 4-th courses of a direction 21.03.02 «Land management and cadaster» of Penza University of architecture and construction, 440028, Penza region, Penza, Germana Titova St., 28, e-mail: molchanov-24@mail.ru.

The problem of overgrowing of fertile lands of the forest-steppe zone requires a scientific solution. In this regard, the article presents the use of technologies of geographic information systems in conjunction with field research to monitor the overgrowth of unused agricultural land. Two plots of agricultural land of Penza region with areas overgrown with weeds, young overgrown with woody vegetation and shrubs were selected. Space decoding was carried out based on the data of GPS coordinates, photos and satellite images of Landsat-8 in the spectrum of Near Infrared, Shortwave infrared,

Blu. Methodological framework made recommendations for classification of Portland University. The area of distribution for 2013–2018 is defined, its speed which makes 2–3 hectares/year is calculated. Amendments to the interpretation of satellite images taking into account regional features are proposed. The Botanical composition of the undergrowth is presented, the type of soil (chernozems clay-illuvial and dark gray medium) and Geology is determined. Overgrowth, as a rule, is determined by the spread of *Betula pendula* R. and *Pinus silvestris* L. the Use of topographic index of waterlog-

ging allowed to establish regularities of the composition of vegetation to local places of excess and lack of moisture. Thus, *Alnus glutinosa* L. and *Salix caprea* L. are found in waterlogged areas, elevated areas with pronounced aridity are occupied by *Pinus silvestris* L. and *Picea abies* L. In the conditions of weakening of anthropogenic factor dark gray me-

dium-soils on sandy rocks of Cretaceous and Paleogene age are subject to water erosion and deflation. The interrelation between the development of processes of overgrowth and climate warming, when winters are warm and snowy, and summers are cool and humid, is shown.

© Солодков Н.Н., Молчанов О.М.

УДК 631.8; 631.4

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-54-60

Г.Н. Федотов, М.Ф. Федотова, В.С. Шалаев, Ю.П. Батырев, И.В. Горепекин

РАЗВИТИЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ТОКСИКОЗЕ ПОЧВ

Ключевые слова: аллелопатия; токсикоз почв; ингибирование почвами развития семян; оптимизация выбора культур для посева; оценка потерь урожая из-за токсикоза почв.

Введение. Почва представляет собой связующее звено между растениями и микроорганизмами. Ее высокая сорбционная способность приводит к накоплению большого количества биологически активных соединений, в том числе и токсинов [1–4]. Способность почв подавлять развитие растений известна довольно давно. Еще Н.А. Красильников исследовал несколько тысяч незагрязненных поллютантами образцов подзолистых почв и установил, что практически все они обладали токсичностью не только по отношению к высшим растениям, но и к микроорганизмам, в частности к азотобактеру [2]. Существует несколько механизмов образования токсичных для растений веществ. Они выделяются фитопатогенами (для снижения иммунитета растений) [5], растениями (для борьбы с конкурентами) [3, 6–8], из разлагающихся в почве растительных остатков [3, 5, 6] и вырабатываются микроорганизмами, разлагающими растительные остатки [2–4, 6, 9]. Также к появлению в почве токсичных соединений приводят воздействия на почву, меняющие ее микробиологический состав, деградация [10, 11] или избыточное использование минеральных удобрений [9, 12]. Токсикоз почв воздействует угнетающим образом на прорастание семян и развитие растений в ювенильной фазе [1, 3]. Следует также отметить, что растения обладают разной толерантностью к аллелотоксинам [7, 8]. Практически значимую информацию в этом случае можно получить, только оценивая развитие в почвах семян тех культур, которые предполагают в них сеять.

Необходимо отметить, что исследование химического состава почв не позволяет одно-

значно определять наличие токсикоза у почв и его величину. Связано это с тем, что токсины во многих случаях представляют собой смесь различных веществ. Часть из них является нетоксичными, но они могут значительно усиливать действие токсинов (например, глюкоза) [3]. В других случаях, даже если концентрация каждого из токсинов ниже порога ингибирования, их смесь обладает значительным ингибирующим эффектом [3]. В связи с этим на настоящий момент основными способами изучения токсикоза почв являются методы биотестирования [3, 6–8].

Целью исследований было получение количественной информации об ингибировании развития семян различных культур и сортов в конкретных почвах при помощи лабораторной экспресс-методики.

Методы и материалы исследований. Исследования проводили на семенах яровой пшеницы (*Triticum*) сорта «Лиза» и «Злата», озимой пшеницы (*Triticum*) сорт «Безенчукская 380», озимого тритикале (*Triticosecale*) сорт «Немчиновский 56», ярового ячменя (*Hordeum*) сортов «Нур» и «Раушан» и озимой ржи (*Secale cereale*) сорт «Татьяна».

В работе использовали сухой отмытый речной песок с размером частиц 0,5–0,8 мм, образцы дерново-подзолистой почвы из окрестностей поймы р. Яхромы влажностью 18,1 % (после зерновых), серой лесной почвы из Тульской области (Щекинский район) влажностью 21,6 % (после зерновых), чернозема типичного из Липецкой области (Данковский район) влажностью 33,1 % (после картофеля), а также каштановой почвы из Волгоградской области (Иловлинский район) влажностью 19,3 % (залежь).

Было изучено влияние почв на изменение длины проростков¹ 7,5 г семян (~200 шт.) при их прорастании в различных почвах. Длину проростков определяли, используя экспресс-метод, основанный на существовании линейной зависимости между насыпным объемом проросших семян в воде и длиной их проростков. Проросшие в почве или песке семена отмывали от субстрата и помещали порциями в мерный цилиндр на 100 мл с водой, размещенный на вибростоле, колеблющимся с частотой 50 Гц. После помещения в цилиндр каждой порции проросших семян, которые создавали ажурную пористую структуру, на них на 15–20 секунд помещали небольшой грузик массой 8 г в виде резиновой пробки, что приводило к уплотнению структуры. После помещения в цилиндр всех проросших семян на них клали грузик и проводили дополнительное уплотнение структуры легкими постукиваниями (30–40) цилиндра с семенами о стол. Эти операции позволяли создать достаточно однородную структуру, а нижняя граница груза позволяла определять насыпной объем с точностью до 0,5 мл.

При проведении экспериментов на дно чашки диаметром 95 мм помещали 30 г почвы или песка, затем ровным слоем размещали 7,5 г семян, а сверху – 30 г почвы или песка соответственно. После этого в чашку равномерно добавляли из мерной пипетки воду. Использовали шестикратную повторность с последующей статистической обработкой результатов. Использование в одном опыте 1000–1200 семян позволило минимизировать ошибку, связанную с разнокачественностью семян. В результате ошибка опыта не превышала 7 % при 95 % уровне значимости.

Вегетационные опыты проводили, высевая по 10 семян в пластиковые вегетационные сосуды диаметром 150 мм, содержащие по 800 г почвы. Надземную часть растений срезали через 12–14 дней и взвешивали. Опыты проводили в четырехкратной повторности.

Для получения количественной информации по влиянию изучаемых почв на развитие семян конкретных культур и сортов необходимо проводить сравнение со стандартными образцами. Так как развитие семян мы изучали в течение 2 суток, следовательно, развитие зерновок идет за счет накопленных питательных веществ, поступление элементов питания из почв не оказывает значимого влияния на развитие семян. В этом случае образцом сравнения, не содержа-

щим токсинов, был выбран промытый речной песок.

Большое влияние на развитие семян оказывает влажность субстратов, поэтому возник естественный вопрос: при какой влажности почв и песка проводить сравнение? Очевидно, что при недостаточной влажности развитие семян будет замедляться из-за недостатка воды, как и при избыточной влажности из-за недостатка кислорода. Развитие семян в оптимальных водно-воздушных условиях позволяет исключить влияние этих факторов (недостатка воды и кислорода) как негативных, что дает возможность количественно определять ингибирование развития семян фитотоксинами, содержащимися в почвах.

Результаты и обсуждение. Для оценки изменения общей длины проростков за 2 суток приведен график, полученный на дерново-подзолистой почве для семян яровой пшеницы сорт «Лиза» (рисунок 1).

Рисунок 1

Влияние количества добавляемой в чашку воды с 7,5 г семян яровой пшеницы сорта «Лиза» с 60 г дерново-подзолистой почвы на изменение общей длины проростков за 2 суток

После этого при определенной оптимальной для каждой почвы влажности была изучена способность относительно песка представленных выше зональных почв ингибировать развитие семян некоторых зерновых культур. Проведенные эксперименты показали (таблица 1), что негативное влияние на прорастание семян проявляется практически на всех изученных нами почвах и культурах.

Для одних культур ингибирование выражено слабее (ячмень, рожь), а для изученных нами сортов пшеницы и тритикале – заметно сильнее. Полученные данные подтверждаются результатами вегетационных опытов (рисунок 2, таблица 2).

¹ По мнению физиологов растений [13], до момента прорастания семян используются вещества, уже запасенные в них.

Таблица 1 Прорастание семян различных культур на почвах по сравнению с песком, определяемое по увеличению суммарной длины проростков за 2 суток при температуре 22 °C (%)

Культура, сорт	Дерново-подзолистая почва	Серая лесная почва	Чернозем	Каштановая почва
Яровая пшеница, сорт «Лиза»	-38 ± 5 %	-67 ± 5 %	-76 ± 6 %	-25 ± 5 %
Яровая пшеница, сорт «Злата»	-54 ± 6 %	-97 ± 7 %	-82 ± 7 %	-27 ± 5 %
Яровой ячмень, сорт «Нур»	+6 ± 6 %	-52 ± 6 %	-21 ± 5 %	-5 ± 6 %
Яровой ячмень, сорт «Раушан»	+14 ± 7 %	-72 ± 6 %	-38 ± 5 %	-1 ± 7 %
Озимая рожь, сорт «Татьяна»	-4 ± 6 %	-73 ± 6 %	-55 ± 6 %	-14 ± 6 %
Озимый тритикале, сорт «Немчиновский 56»	-20 ± 5 %	-77 ± 6 %	-67 ± 6 %	-19 ± 5 %
Озимая пшеница, сорт «Безенчукская 380»	-36 ± 5 %	-80 ± 7 %	-50 ± 6 %	-27 ± 6 %

Рисунок 2
Семена яровой пшеницы сорта «Лиза», выращенные за 2 недели в черноземе (б) и в дерново-подзолистой почве (а)

На рисунке 2 хорошо видно, что семена яровой пшеницы сорта «Лиза», выращенные в черноземе (ингибирование 76 %) за 2 недели, заметно отставали в развитии от таких же семян, выращенных в дерново-подзолистой почве (ингибирование 38 %). Масса надземной части выросших растений отличалась почти в 2 раза (таблица 2). Аналогично вели себя и другие сравниваемые пары «культура-почва»: в тех случаях, когда ингибирование семян почвами за 2 суток было выше, надземная фитомасса, выросшая за 2 недели, была заметно меньше. Полученные данные свидетельствуют, что ингибирование развития семян, которое хорошо видно через 2 суток, не нивелируется при дальнейшем росте растений.

Однако при переходе в практическую плоскость возникает закономерный вопрос: как полученные нами данные о разнице в суммарной длине проростков семян, выросших за 2 суток на песке и почвах, выраженные в процентах, могут коррелировать с развитием растений в реальных условиях?

Таблица 2 Результаты вегетационных опытов по сравнению прорастания семян разных культур и развития из них растений в дерново-подзолистой почве и черноземе за 2 недели

Сравниваемая пара, культура – почва	Величина ингибирования развития семян почвами, %	Разница в приросте надземной фитомассы, %
Яровая пшеница сорта «Лиза» в черноземе – яровой ячмень сорта «Нур» в черноземе	-76 ± 6	–
Яровая пшеница сорта «Лиза» в дерново-подзолистой почве – яровой ячмень сорта «Раушан» в дерново-подзолистой почве	-21 ± 5	+64 ± 22
Яровая пшеница сорта «Лиза» в дерново-подзолистой почве – яровой ячмень сорта «Нур» в дерново-подзолистой почве	-38 ± 5	–
Яровая пшеница сорта «Лиза» в дерново-подзолистой почве – яровой ячмень сорта «Раушан» в дерново-подзолистой почве	+14 ± 7	+45 ± 18
Яровая пшеница сорта «Лиза» в черноземе – яровая пшеница сорта «Лиза» в дерново-подзолистой почве	-76 ± 6	–
Яровая пшеница сорта «Лиза» в дерново-подзолистой почве – яровая пшеница сорта «Лиза» в дерново-подзолистой почве	-38 ± 5	+88 ± 25

Для ответа на этот вопрос следует установить связь между полученными нами результатами (таблица 1) и временем задержки прорастания семян.

Известно, что задержка в сроках посева по влиянию на урожайность должна быть аналогична задержке прорастания семян, а в литературе есть данные о влиянии задержки в сроках посева на снижение урожайности. Полученные для ярового ячменя результаты свидетельствуют, что задержка на 5 дней приводит к изменению урожайности с 34,7 до 31,8 ц/га

(–8,4 %), на 10 дней – до 27,7 ц/га (–20,2 %), на 15 дней – до 20,9 ц/га (–39,8 %) [14]. Можно предположить, что для установления связи между ингибированием развития семян почвами и снижением урожайности растений в реальных условиях достаточно установить время задержки прорастания семян при их развитии в почвах по сравнению с их проращением в песке.

Для этого были сняты кинетические зависимости изменения длины проростков для ряда культур при проращивании их семян на различных почвах. Было установлено, что суммарная

длина проростков возрастает от времени по линейному закону. В качестве примера приведен график для пшеницы сорта «Лиза» в дерново-подзолистой почве (рисунок 3). По полученным кинетическим зависимостям было определено время, за которое проростки семян, развивающиеся на почвах, достигают той же суммарной длины, что и при выращивании на песке. Разницу между этими временами – задержку в развитии семян на почвах – мы назвали «временным сдвигом».

Рисунок 3

Длина проростков 7,5 г семян пшеницы сорта «Лиза» от времени при их прорастании и развитии в дерново-подзолистой почве

Временной сдвиг удобно выражать в процентах от времени развития семян до того же состояния, что и на песке. Во-первых, удобно получать информацию при комнатной температуре, а яровые культуры прорастают при пони-

женных температурах, что приводит к заметному замедлению их развития. Проведенные нами эксперименты на яровой пшенице сорта «Лиза» показали, что при 10–12 °С семена прорастают примерно в 3,5 раза медленнее, чем при температуре 23–25 °С. Пропорционально увеличивается и величина временного сдвига.

Во-вторых, выражение временного сдвига в процентах от времени развития семян до того же состояния, что и на песке, дает возможность нанести все полученные данные для различных пар «культура – почва» (таблица 3) на один график (рисунок 4). Хорошо видно, что расположение точек на графике аппроксимируется экспоненциальной кривой первого порядка с коэффициентом корреляции около 99 %. До величин ингибирования прорастания семян почвами 40–50 % временной сдвиг достаточно мал и не превышает 20–35 %. Влияние, которое он оказывает на урожайность, не может быть очень большим. Так при прорастании семян яровых культур в реальных условиях на песке в течение 8–10 дней временной сдвиг обеспечит увеличение времени прорастания на почвах до 10–13 дней.

Однако при величине ингибирования более 60 % временной сдвиг начинает резко возрастать (рисунок 4), в разы превышая время прорастания семян на песке при величине ингибирования более 70 %. Следовательно, семена будут прорастать уже не 8–10 дней, а 16–20 дней и более. Для ячменя согласно представленным выше данным [14] это составит потерю урожая на 20–40 %.

Таблица 3 Взаимосвязь временного сдвига с ингибированием прорастания семян, полученных для разных пар «культура – почва»

Культура	Почва	Ингибирование	Временной сдвиг
Тритикале, сорт «Немчиновский 56»	Дерново-подзолистая почва	20 %	5 %
Яровой ячмень, сорт «Раушан»	Чернозем	38 %	18 %
Пшеница яровая, сорт «Лиза»	Дерново-подзолистая почва	38 %	11 %
Озимая рожь, сорт «Татьяна»	Чернозем	55 %	44 %
Пшеница яровая, сорт «Лиза»	Серая лесная почва	67 %	92 %
Яровой ячмень, сорт «Нур»	Серая лесная почва	52 %	45 %

Рисунок 4

Зависимость временного сдвига от ингибирования при развитии семян в почвах по сравнению с песком: 1 – тритикале сорта «Немчиновский 56» – дерново-подзолистая почва; 2 – яровой ячмень сорта «Раушан» – чернозем; 3 – пшеница яровая сорта «Лиза» – дерново-подзолистая почва; 4 – озимая рожь сорта «Татьяна» – чернозем; 5 – пшеница яровая сорта «Лиза» – серая лесная почва; 6 – яровой ячмень сорта «Нур» – серая лесная почва

В связи с тем, что при построении зависимости «ингибирование – временной сдвиг» пары «культура – почва» подбирались произвольно, можно ожидать, что полученная экспоненциальная зависимость будет отражать поведение большого числа пар «культура – почва».

Выводы. Обращает на себя внимание отсутствие постоянства в соотношении ингибирующей способности почв на прорастание семян разных культур. Так на дерново-подзолистой почве озимая пшеница сорта «Безенчукская 380» заметно угнетается по сравнению с рожью сорта «Татьяна», ингибирование для которой практически отсутствует, а на черноземе эти культуры угнетаются примерно в равной степени. Похожая ситуация несовпадения эффектов ингибирования наблюдается также для яровой пшеницы сорта «Лиза» и ярового ячменя сорта «Нур» на дерново-подзолистой и серой лесной почвах. Это позволяет сделать вывод о том, что для каждой пары «культура (сорт) – почва» результат взаимодействия является индивидуальным. Нельзя характеризовать токсикоз почвы, не связывая этого свойства с конкретными семенами, как это рекомендуется делать в некоторых работах [6, 8].

Считается, что применение севооборотов предотвращает возникновение почвоутомления. Однако полученные нами данные этого не подтверждают, так как вне зависимости от предыстории все изученные в работе почвы обладали

заметной или даже высокой ингибирующей способностью. В результате сохранения у почв способности ингибировать прорастание семян (токсикоза почв) даже при применении севооборотов возникает практический вопрос о выборе культур и сортов сельскохозяйственных растений для посева, которые ингибируются конкретными почвами в наименьшей степени, и следовательно, можно ожидать, что они на этих почвах будут лучше развиваться и дадут максимальные урожаи.

Хорошо видно, как сделать подобный выбор на примере полученных нами данных. Для посева на дерново-подзолистой, каштановой почвах и черноземе (таблица 1) из яровых культур следует выбрать ячмень сорта «Нур», а среди озимых культур на дерново-подзолистой почве – рожь «Татьяну», которые ингибируются в наименьшей степени.

Выбор культур (сортов) для посева на конкретных полях в хозяйствах путем оценки для этих сортов токсикоза почв по длине проростков семян, на наш взгляд, выглядит особенно перспективно для подбора яровых культур, так как образцы почвы можно отобрать осенью, и есть достаточно времени для проведения лабораторных испытаний.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 37.8809.2017/8.9.

Библиографический список

1. Коношина, С.Н. Влияние различных способов использования почвы на ее аллелопатическую активность [Текст]: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01: защищена 26.06.2000 / С.Н. Коношина. Орел, 2000. 145 с.
2. Красильников, Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения [Текст] / Н.А. Красильников. М.: АН СССР, 1958. 464 с.
3. Allelopathy. A Physiological Process with Ecological Implications. Edited by M.J. Reigosa, N. Pedrol and L. Gonzalez. Published by Springer. Printed in the Netherlands. 2006. 637 p.
4. McCalla T.M., Haskins F.A. Phytotoxic Substances from Soil Microorganisms and Crop Residues. J. Bacteriological Reviews. 1964. Vol. 28, No. 2, pp. 181–207.
5. Шутко, А.П. Биологическое обоснование оптимизации системы защиты озимой пшеницы от болезней в Ставропольском крае [Текст]: автореф. дис. ... докт. с-х наук / А.П. Шутко. Санкт-Петербург – Пушкин, 2013. 41 с.
6. Гродзинский, А.М. Аллелопатическое почвоутомление [Текст] / А.М. Гродзинский,

Г.П. Богдан, Э.А. Головкин, Н.Н. Дзюбенко, П.А. Мороз, Н.И. Прутенская. Киев: Наук. думка, 1979. 248 с.

7. Млечко, Е.А. Аллелопатическое действие водного экстракта шалфея эфиопского (*Salvia Aethiopis* L.) на прорастание семян тест-растений [Текст] / Е.А. Млечко, А.В. Мотренко // Вестник ВолГУ. 2015. Серия 9, вып. 13. С. 10–14.

8. Симагина, Н.О. Аллелопатический потенциал древесных растений [Текст] / Н.О. Симагина // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2013. Том 26 (65), № 1. С. 186–193.

9. Мирчинк, Т.Г. Почвенная микология [Текст]: учебник / Т.Г. Мирчинк. М.: МГУ, 1988. 220 с.

10. Лобко, В.Т. Экологические основы почвоутомления в полевых агроценозах центрально-черноземной полосы России [Текст]: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / В.Т. Лобко. Курск, 1994. 32 с.

11. Рудаков, В.О. Природа почвенных фитотоксикозов и проблема защиты растений [Текст] / В.О. Рудаков, О.Л. Рудаков // Агро XXI. 2009. № 1-3. С. 11–13.

12. Зинченко, М.К. Биологическая токсичность серой лесной почвы в зависимости от систем удобрений [Текст] / М.К. Зинченко, О.В. Селицкая // Агрохимический вестник. 2011. № 5. С. 38–40.

13. Обручева, Н.В. Физиология инициации прорастания семян [Текст] / Н.В. Обручева, О.В. Антипова // Физиология растений. 1997. Т. 44, № 2. С. 287–302.

14. Зарецкий, А.Ф. Посевные и урожайные качества семян ярового ячменя [Текст] / А.Ф. Зарецкий. Мн.: Ураджай, 1979. 88 с.

Сведения об авторах

1. **Федотов Геннадий Николаевич**, ведущий научный сотрудник, доктор биологических наук, факультет почвоведения, МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, e-mail: gennadiy.fedotov@gmail.com.

2. **Федотова Магдалина Федоровна**, специалист ООО «Почвенно-экологический центр МГУ имени М.В. Ломоносова» (ООО «Экотерра МГУ»), 119992, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 75Б, e-mail: gennadiy.fedotov@gmail.com.

3. **Шалаев Валентин Сергеевич**, главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор, МФ МГТУ имени Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1, e-mail: shalaev@mgul.ac.ru.

4. **Батырев Юрий Павлович**, доцент, кандидат технических наук, МФ МГТУ имени Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1, e-mail: batyrev@mgul.ac.ru.

5. **Горепекин Иван Владимирович**, студент, факультет почвоведения, МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 12.

Установлено наличие ингибирования прорастания семян зерновых культур в почвах русской равнины. Из вегетационных опытов следует, что ингибирование прорастания семян и развития проростков семян, наблюдаемое за первые 2 суток в лабораторных экспериментах, не нивелируется при дальнейшем развитии растений, и отставание в росте растений хорошо заметно через 14 дней. Различные культуры и сорта ингибируются одними и теми же почвами по-разному, что делает необходимым изучать

токсикоз почв не на тестовых растениях, а исследовать ингибирование конкретных растений на изучаемых почвах. Для оценки влияния токсикоза почв на урожайность растений предлагается использовать задержку времени прорастания и развития семян в почвах по сравнению с песком. Выбор культур (сортов) для посева на конкретных полях в хозяйствах путем оценки для этих сортов токсикоза почв по длине проростков семян, на наш взгляд, выглядит особенно перспективно для подбора яровых культур.

G. Fedotov, M. Fedotova, V. Shalaev, Yu. Batyrev, I. Gorepekin

GRAIN CROP GROWTH SLOWDOWN IN SOIL TOXICOSIS

Key words: *allelopathy; soil toxicosis; inhibition of seed development by soils; better crop selection for sowing; assessment of harvest losses due to soil toxicosis.*

Authors' personal details

1. **Fedotov Gennadiy**, senior researcher, Doctor of Biological Sciences, Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskie Gory, 1, building 12, e-mail: gennadiy.fedotov@gmail.com.

2. **Fedotova Magdalina**, specialist of the Soil Ecological Center of Moscow State University (Ecoterra MSU). 119992, Moscow, Leninskie Gory, 1, building 75B, e-mail: gennadiy.fedotov@gmail.com.

3. **Shalaev Valentin**, leading researcher, Doctor of Technical Sciences, Professor, Mytishchi branch of Moscow State Technical University named after N. Bauman, 141005, Moscow region, Mytishchi, Pervaya Institutskaya St., 1, e-mail: shalaev@mgul.ac.ru.

4. **Batyrev Yuriy**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Mytishchi branch of Moscow State Technical University named after N. Bauman, 141005, Moscow region, Mytishchi, Pervaya Institutskaya St., 1, e-mail: batyrev@mgul.ac.ru.

5. **Gorepyokin Ivan**, student of the Soil Science Faculty, Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskie Gory, 1, building 12.

Inhibition of grain seed germination in the soils of the Russian plain was detected. Vegetation experiments showed that inhibition of seed germination and seedling development observed for the first 2 days in laboratory experiments did not level during the following plant growth stages and slowdown in the plant growth was evident after 14 days. Different crops and varieties are inhibited by the same soils in different ways. Instead of studying soil tox-

icosis on test plants inhibition of specific plants on the study soils should be researched. To assess the impact of soil toxicosis on plant yielding capacity, it is proposed to use the delay in the germination time and seed development in soils compared to sand. The choice of varieties for sowing on specific fields through assessing soil toxicosis for these varieties based on seedling length is very promising to select spring crops.

© Федотов Г.Н., Федотова М.Ф., Шалаев В.С., Батырев Ю.П., Горепекин И.В.

УДК 631.459; 631.6.02

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-60-69

Е.Н. Шамшурина, М.А. Комиссаров, А.П. Жидкин

ЭРОЗИЯ ПОЧВ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ключевые слова: чернозем; смыв; пашня; дефляция; деградация; эродированность почвенного покрова.

Введение. Широко известно, что эрозия почв является наиболее масштабным и пагубным процессом разрушения почвенного покрова. Согласно [2] в России ежегодно с пахотных склонов смывается около половины миллиарда тонн верхнего, наиболее плодородного горизонта почв. Интенсивность проявления эрозии почв в разных регионах различается существенно. Однако в связи с сокращением отечественной сети эрозионных стационаров и постов достоверная и актуальная информация об эрозии почв в отдельных регионах становится труднодоступной. В то же время результаты исследований слабо обобщены в сборниках и литературных обзорах, а экспериментальные и полевые работы проводятся в последнее время все реже и реже.

Цель работы – сбор и сравнительный анализ литературных данных об интенсивности эрозии почв и степени эродированности почвенного покрова в Республике Башкортостан – одном из самых критичных регионов в России по данным показателям согласно Государственному докладу [24].

Обсуждение. Интенсивность и характер проявления эрозионных процессов в различных частях РБ контрастно различается в связи с не-

однородностью данной территории по физико-географическим условиям и агрогенной нагрузке. Самую слабую антропогенную нагрузку испытывают геосистемы Южного Урала и Уфимского плато, поскольку там широко распространены массивно-кристаллические и плотные осадочные породы. Для северо-запада республики, части Бугульминско-Белебеевской возвышенности, Юрюзано-Айской равнины, а также правобережья среднего и нижнего течения р. Белой характерна слабая и средняя степень сельскохозяйственных нагрузок. Здесь в основном представлены лесопольные ландшафты с освоенностью 30–70 %. Сильную степень нагрузки испытывают лесостепные и степные ландшафты Башкирского Зауралья (с сельскохозяйственной освоенностью на юге до 88 %), а также лесостепные ландшафты Предуралья (с освоенностью 83 % и распаханностью 66 % территории) [16, 17].

Физико-географические условия благоприятствуют развитию интенсивной эрозии почв. В частности, рельеф РБ представлен равнинным и горным типом, характеризуется сильной расчлененностью и высоким эрозионным потенциалом. Климат резко континентальный со снежными зимами и глубоким промерзанием почвы

(до 2 м), что приводит к активному смыву почвы в период весеннего таяния снега [36, 37]. Высота снежного покрова достигает в среднем в районах степи 30 см, в лесостепных – 40–45 см, а в лесных – 60 см [25], а запасы воды в снеге перед снеготаянием составляют 150–200 мм. В РБ выпадает в среднем 600 мм осадков, из них около трети – в твердом виде. Больше всего осадков выпадает над территорией Уфимского плато (до 700 мм), в Зауралье (около 400 мм). Для развития усиленной эрозии достаточно 400 мм осадков в год [52]. В то же время в РБ нередки интенсивные дожди и доля этих эрозионно-опасных ливней составляет 37,3 % годовых осадков [57].

Кроме того, в РБ имеются районы с засушливым климатом и сильными ветрами, преимущественно расположенные на территории Зауралья. Почвы этой местности, представленные в основном черноземами южными и солонцеватыми, характеризуются тяжелым гранулометрическим составом со слабо развитой растительностью, что в совокупности усиливает развитие ветровой эрозии. Установлено, что отрыв почвенных частиц происходит при ветре со скоростью свыше 5 м/сек, а при скорости 15 м/сек и более начинаются пыльные бури. Максимальные скорости ветра в вегетационный период в Зауралье достигают 45 м/с [57]. Стоит отметить, что облесенность как один из основных противозерозионных факторов данной территории составляет около 30 % [71]. Дефляции подвергаются ветроударные склоны в основном южной и северной экспозиции и легкие почвы в виде местного выдувания и эрозионной поземки [1]. Помимо водной и ветровой возможно развитие ирригационной эрозии почв [35, 38]. Стоит отметить, что в РБ дождевание является самым распространенным видом орошения и составляет 90 %. Доля пашни в структуре всех орошаемых земель (которых в РБ около 35,5 тыс. га) составляет 9/10 [30].

Исторический обзор изучения эрозии почв в РБ. В начале XX века изучение почвенного покрова в Башкирии проводили эпизодично. Почва выступала преимущественно как объект географического природного комплекса, поэтому внимание проблеме эрозии почв почти не уделялось.

Первые упоминания об эрозионных процессах в регионе были представлены в работе «Земская статистика» в 1899 году [9]. При учете земель и недвижимого имущества в Уфимской губернии С.Н. Велецкий отмечает, что встречаются почвы, подверженные водной эрозии и дефляции, но изучение этих процессов не проводилось.

В 1928–1931 г. более детальное изучение почв в республике было начато Башкирской Академией наук СССР. Руководитель южного почвенного отряда М.И. Рожанец создал работу о специфике черноземов Южного Зауралья, где он отмечает влияние водной эрозии на мощность почв водораздельных участков [51]. В 30-х годах XX века на карбонатных черноземах Чермасано-Демской степи начали проводить первые наблюдения за эрозией почв. В это время стали применять и первые агротехнические приемы борьбы с эрозией. В 1936 году на базе колхоза «Сыртлан» был создан Буздякский опорный пункт Башкирской полеводческой опытной станции. Основными задачами этой станции были: разработка приемов борьбы с эрозией, районирование Башкирии в отношении водной и ветровой эрозии, составление эрозионных карт [7]. Были проведены исследования по изучению направления (вдоль или поперек склона) вспашки и посева на участках с большими уклонами на интенсивность поверхностного стока талых и ливневых вод [5, 6]. Установлено, что жидкий и твердый сток на участках, вспаханных поперек склона, меньше по сравнению с участками, где вспашка производилась вдоль склона. Также была отмечена более высокая урожайность на поперечной вспашке. Д.В. Богомолов обобщил многочисленные результаты наблюдений 1940-х годов в своей монографии 1954 года [8].

В трудные сороковые годы на территории РБ работа продолжалась в том числе Почвенным институтом Академии Наук СССР. Большое количество экспериментальных исследований, проведенных на территории Башкирии, вошли в научные работы [55, 56]. Как прием борьбы с эрозией, вспашка поперек склона постепенно получает все более широкую распространенность, а на пахоту вдоль склонов с 1941 г. вводят категорический запрет (хотя еще и не повсеместно) в законодательном порядке. Под руководством С.С. Соболева Почвенный институт проводил исследования дефляции в Башкирии на Белебеевской возвышенности и Чермасано-Демской степи [54, 55] совместно с сотрудниками ВНИАЛМИ [28] и при участии Т.Ф. Якубова [73–77]. Исследования показали, что черные бури распространены преимущественно в черноземной и каштановой зонах, на юго-востоке республики и в лесостепи. Их повторяемость составляет каждые 5–10 лет. Черные бури наносят колоссальный ущерб сельскохозяйственному производству, происходит гибель посевов и нарушение почвенного покрова на площади от 10 до 100 тысяч гектаров. Обращено внимание и на такое природное явление, как за-

суха, которая способствует усилению процессов дефляции, то есть выдуванию мелкозема [5, 6]. Была изучена и лесомелиорация, а именно использование насаждений лесополос для защиты угодий от сдувания снега, дефляции и черных бурь [66].

С 1954 года на Урале происходит освоение новых земель, которые можно использовать в сельскохозяйственных целях. Начинают интенсивную вспашку целины и залежи. С одной стороны, это привело к значительному увеличению посевных площадей для зерновых и кормовых культур в засушливой зоне. С другой, это привело к интенсивному развитию дефляции и смыва почвы. А сильные засухи 1955 и 1957 гг. усугубили ситуацию [46].

В 50-х гг. М.М. Туровцев описал природно-эрозионную специфику для РБ и выявил основные приемы борьбы с водной эрозией почв [62, 63]. Им было предложено на полях с уклоном применять севообороты пролонгированного почвозащитного действия, а обязательным агротехническим приемом рекомендованы пахота и посев культур поперек склона. В это время большинство колхозов и совхозов осваивают севообороты с выводными полями многолетних трав, применяя последние на участках, подверженных эрозии. В степной зоне с большим успехом внедряют кулисные пары, вспашку без отвала пласта и другие приемы почвозащитных агротехнологий.

В 1953–1955 годах М.М. Файзуллин проводил работы по изучению денудационных процессов для степной зоны Башкирии [65]. Особенности дефляции и основным видам ее появления в Башкирии были посвящены труды Ш.А. Гайсина и Г.Н. Лысака [14, 43]. В брошюре [14] они освещают проблемы развития дефляции в РБ и способы борьбы с ней. Из агротехнических мелиораций рекомендованы буферные полосы из многолетних трав, залужение ветродарных участков и перекрестный способ посева. Особо отмечена роль лесомелиорации. Авторы работ [3, 41, 53] приводят многочисленные примеры о случаях засухи, ветровой и водной эрозии, описывают приемы по снижению последствий этих природных явлений в разных зонах РБ. Башкирским филиалом института «Волгогипрозем» обобщены материалы исследований НИИ и проектных организаций. В результате была разработана «Генеральная схема противоэрозионных мероприятий Башкирской АССР» [18, 21].

Под руководством Ф.Ш. Гарифуллина в 1976–1980 гг. почвоведомы Института биологии были изучены агрофизико-химические свойства, содержание гумуса и питательных элемен-

тов, ферментативная активность и микрофлора почв, подверженных эрозии по сравнению с неэродированными аналогами по всем районам РБ. Также были определены потери почв при эрозии, уточнено почвенно-эрозионное районирование в РБ. Организованы мероприятия, направленные на изучение способов снижения воздействия эрозии [20, 45].

В 1970-х годах Р.Я. Рамазановым выполнены исследования роли безотвальной обработки типичных карбонатных черноземов в борьбе с дефляцией в условиях Башкирского Предуралья [50]. В 1974–1976 гг. почвоведы Института биологии выступают соавторами в выпусках научно-технических бюллетеней [40, 42] по проблеме защиты почв от эрозии, где опубликованы результаты влияния высоты пожнивных остатков и внесения удобрений при безотвальной обработке на устойчивость почвы к эрозии и урожайность яровой пшеницы [42], а также подведены итоги изучения 5-летней плоскорезной обработки полей, расположенных на выпуклых склонах крутизной 3–4° Бирского опытного хозяйства [40] и даны положительные рекомендации к применению безотвальной обработки на серых лесных почвах [44]. В 1973–1974 гг. Институтом биологии Башкирского филиала АН СССР и ВНИИ защиты почв от эрозии была проведена комплексная экспедиция по изучению природных условий и проведению почвенно-эрозионного районирования Южного Урала. В ходе ее выполнения было выделено 9 почвенно-эрозионных районов и дана краткая характеристика их природных условий, что послужило базой для разработки и применения сочетания различных противоэрозионных мероприятий [45]. В работе Ф.Ш. Гарифуллина [20] показано распространение эрозии почв в республике, ее виды и влияние на плодородие почв. Приведено почвенно-эрозионное районирование территории АССР Башкирии. Изложены организационно-хозяйственные, лесомелиоративные и гидротехнические меры борьбы с эрозией почв в условиях РБ. Обширные исследования и их результаты, полученные Институтом биологии, нашли отражение в сборнике научных трудов «Эрозия почв Южного Приуралья» [72]. Тщательно проанализированы данные натурных наблюдений, полевых и лабораторно-аналитических работ по эрозии почв в РБ в монографии «Почвы Башкортостана», состоящей из двух томов [48, 49]. В дальнейшем изучение специфики покрова почвы в агроландшафтах республики, подверженных эрозии, было продолжено Ф.Ш. Гарифуллиным и С.И. Федоровым [18, 67]. Авторы пишут: «Вследствие эрозии в Башкирии значительно изменяются агроэкологические

условия, наблюдается общая закономерность уменьшения мощности гумусового горизонта, потери гумуса и питательных веществ, ухудшение физико-механических, агрохимических, водно-физических показателей почвы и, как следствие этого, резкое снижение урожайности и ухудшение качества урожая» [18].

Анализ данных длительных исследований (2001–2010 гг.), проведенных в Уфимском районе РБ, позволил М.Р. Давлетшиной получить математические и статистические модели, определяющие основные стокоформирующие факторы [25, 26]. Сотрудниками лаборатории почвоведения Уфимского Института биологии УФИЦ РАН под руководством И.М. Габбасовой проводятся исследования эрозии в разных регионах Башкирии [11–13, 33, 34, 36, 58].

Для РБ была разработана Генеральная схема противоэрозионных мероприятий до 2000 года (Башкирский филиал Волгогипрозем) [61]. Согласно этой схеме на территории республики выделено 12 почвенно-эрозионных районов. В основу выделения районов эрозии положены материалы почвенного обследования, а также сравнительная «однородность» в них комплекса природных факторов. Почвенно-эрозионные районы можно разделить на две группы. К первой группе относятся следующие районы: Северный лесостепной, Присимский предгорный, Уфимское плато, Северо-восточный лесостепной, Горно-лесной, Зауральский лесостепной; ко второй группе – Белебеевская возвышенность, Южный лесостепной, Южный лесостепной предгорный, Чермасано-Ашкадарский равнинный, Предуральский степной, Зауральский

степной. В районах первой группы противоэрозионные мероприятия должны быть направлены на охрану почв от водной эрозии, рациональное использование угодий, лесовосстановление, а также правильное применение агротехнических мероприятий. В районах второй группы комплекс противоэрозионных мероприятий должен быть направлен на защиту почв как от водной, так и от ветровой эрозии.

Количественные данные о темпах эрозии почв и уровни эродированности почвенного покрова в РБ. Несмотря на многочисленные исследования эрозии почв в РБ, доступ к фактическим данным о проявлениях эрозии почв и состоянии почвенного покрова в настоящее время крайне ограничен. К сожалению, лишь малая часть такого рода информации опубликована в литературе. В таблице 1 представлена подборка всех доступных данных о темпах эрозии почв в РБ, которые удалось обнаружить авторам данной работы. Представленная в таблице 1 информация свидетельствует о высокой вариабельности темпов эрозии почв в различных природно-сельскохозяйственных зонах, а также о степени их изученности. Наиболее исследованными являются Южная лесостепь и Предуральская степь. Именно эти зоны характеризуются самыми высокими темпами эрозии почв (таблица 1). В среднем по республике смыв почвы составляет около 10 т/га в год или 45,5 млн тонн мелкозема [69, 57], а по данным [47] – 43 млн м³. В результате эрозии почв в среднем с гектара ежегодно уносится около 300–500 кг гумуса, 30–50 кг азота, 10–20 кг фосфора, 20–30 кг подвижного калия [49].

Таблица 1 Сведения об интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов в РБ

Природно-сельскохозяйственная зона	Темпы эрозии, т/га в год (преобладающий вид эрозии)	Данные об объемах и темпах смыва за единичное эрозионно-аккумулятивное событие
Северная лесостепь	0,32 [22] (водная)	–
Северо-восточная лесостепь	16,3 [48] (водная)	–
Южная лесостепь	0,18 [22]; 2,0–7,5 [47]; 31–100 [55]; (водная + ветровая)	0,9–4,0 т/га [31], 0,1–0,3 т/га [33, 34, 36, 37], 0,1 т/га [59] (снеготаяние); 1,4–9,2 т/га [35, 38] (орошение дождеванием); 0,1–3,5 мм [33] (заиление)
Предуральская степь	0,19 [22]; 10–50 [29]; 0,5–52 [55]; 10–15 [62]; (водная)	74–441 т/га [5], 43–457 [43] (снеготаяние); 24,6–50,7 т/га [67] (дефляция)
Зауральская степь	3,7 [48] (дефляция)	0,5 см [32] (отложение наилка на лиманах)
Горно-лесная зона	(водная)	150–540 т/га [10] (постпирогенная эрозия)
Всего по республике	3,2–28,4 [19]; 3,3 [39]; 10 [49]; 9 [60]; 10–50 [62]; 9,6 [69]	–

Важно отметить, что многие исследования в РБ в сфере эрозиоведения были направлены не столько на пространственные оценки распространения среднесезонного смыва почв, сколько на изучение методико-практических задач по оценке влияния различных способов обработки почв и покрытия почвенного покрова на интенсивности эрозии за краткосрочные пери-

оды времени. Такие количественные оценки встречаются, в частности, в работе Д.В. Богомолова [5], который замерял объемы смыва карбонатных черноземов в период весеннего снеготаяния. Максимальные объемы были зафиксированы при вспашке вдоль склона под зябью – 388,4 т/га, минимальные – при вспашке поперек склона под зябью – 13,3 т/га, на участке с про-

шлогодней стерней смыв составил 44,1 т/га. Г.Н. Лысак [43] замерял объем смытой почвы за три года на Буздякском опытном поле: при вспашке вдоль склона под паром темпы эрозии составили 457 т/га, а под зябью – 331 т/га; при вспашке поперек склона под паром смыв почвы составил 74 т/га, а под зябью – 43 т/га. В исследованиях [33, 36, 37] показано, что в период весеннего снеготаяния на пологих склонах в Уфимском районе РБ смыв на черноземах выщелоченных составил до 0,3 т/га с зяби, а с пашни с оставлением стерни – лишь около 0,1 т/га. Согласно [15] потери с тальными водами весной с зяблевой вспашки со склонов с серыми лесными почвами составляют от 11 до 121 т/га, на черноземах выщелоченных – от 0 до 88 т/га, типичных – до 134 т/га, карбонатных – от 11 до 388 т/га. По данным [20], на серых лесных почвах глубокая вспашка и вспашка с почвоуглублением уменьшили смыв почвы в 1,2–1,3 раза. В работе [31] показано, что при таянии снега со вспаханной зяби под ржанищу было смыто 4,7 т/га почвы, по яровой пшенице – 2,8, при бесплужной обработке – 2,6 и 2,0 соответственно, при плоскорезной – 1,4 и 0,9 т/га почвы. Эти данные подтверждают гипотезу [4], что глубокая почвозащитная зяблевая вспашка – это одна из эффективных мер снижения поверхностного стока весной. Однако в условиях крутых, сложных и протяженных

склонов она не обеспечивает полной защиты. Поэтому агротехнические почвозащитные приемы необходимо подкреплять противоэрозионными гидротехническими сооружениями.

Помимо темпов эрозии почв значительную, возможно, даже ведущую роль играют площади пахотных земель, которые изменяются из года в год. На 1 января 2018 года земельный фонд РБ составил 14294,7 тыс. га, земли сельскохозяйственного назначения занимают площадь 7326,9 тыс. га, с.-х. угодья – 6624,7 тыс. га, из них пашни – 3670,5 тыс. га [23]. Динамические данные за 1992, 2000 и 2013 гг. свидетельствуют о сокращении площади сельскохозяйственных угодий и пашни в различных природно-сельскохозяйственных зонах республики (таблица 2). В среднем по республике с 1992 по 2013 года площадь пашни сократилась на 45,5 %, варьируя от 78 % в Горно-лесной зоне до 32,5 % в Южной лесостепи [48, 64]. Согласно [64] снижение площадей с.-х. угодий вызвано проводимой в республике работой по залужению деградированной пашни и переводом ее в кормовые угодья, выводом из оборота малоэффективных (сильно-эродированных) земель, а также продолжающимся их изъятием для несельскохозяйственных нужд. Однако в 2018 году площадь пашни приближается к значениям 2000 года, согласно данным отчета [23].

Таблица 2 Сведения о площадях сельхозугодий, пашни и их эродированности в РБ

Природно-сельскохозяйственная зона	Общая площадь в 1992 году, тыс. га [48]	Площадь с.-х. угодий в 1992–2000–2013 гг., тыс. га, [48]–[64]	Площадь пашни в 1992–2000–2013 гг., тыс. га, [48]–[64]	Площадь эродированных с.-х. угодий земель (пашни – П) [48]–[68], тыс. га
Северная лесостепь	2953,3	1269,8–1024–533,5	923,5–756,4–372,7	484,8 (П)–532,2
Северо-восточная лесостепь	1171,0	562–413,1–136,9	398,3–314,8–123,2	338–262,8 (П)
Южная лесостепь	2305,7	1219,8–1124,3–821,2	911,8–861–615,3	253,7 (П)–410,0 (П)
Предуральская степь	3705,5	н. д. –1942,5–1447,9	1754,8–1316,7–1046,4	956–1097,9 (П)
Зауральская степь	2413,4	н. д. –756,8–193,2	595,8–395,5–145,6	617–334,9 (П)
Горно-лесная зона	1594,0	н. д. –132,3–42,1	83–65,7–18,1	н.д.–61,4 (П)
Всего по республике	14142,9	н. д. –5407,9–3422,9	4732–3693–2578,4	н.д.–2699,2 (П)

Несмотря на сокращение пашни, площадь эродированных почв в РБ с 1977 по 1997 гг. увеличилась на 405 тыс. га и достигла значения более 4 млн га [64]. Согласно последним доступным данным [68] (таблица 3) наибольшие

площади пашни, подверженной эрозии, выявлены в Горно-лесной зоне – 78,0 %, в Северо-восточной лесостепи – 76,0 и Зауральской степи – 75,7 %, а наименьшая площадь – 47,9 % – в Южной лесостепи.

Таблица 3 Площадь эродированных пахотных земель в РБ (по состоянию на 01.12.1996 г.) [68]

Природно-сельскохозяйственные зоны	Площадь пашни			По степени эродированности					
	всего, тыс. га	в т. ч. эродированных		слабая		средняя		сильная	
		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
Северная лесостепь	844,3	532,2	63,0	415,2	49,2	109,1	12,9	7,9	0,9
Северо-восточная лесостепь	346,0	262,8	76,0	221,7	64,0	38,1	11,0	3,0	1,0
Южная лесостепь	856,5	410,0	47,9	351,2	41,0	53,0	6,2	5,8	0,7
Предуральская степь	1567,9	1097,9	64,6	876,4	55,9	202,6	12,9	18,9	1,2
Зауральская степь	442,6	334,9	75,7	290,5	65,6	16,0	3,6	28,4	6,5
Горно-лесная зона	78,7	61,4	78,0	34,0	43,2	12,1	15,4	15,3	19,4
Всего по республике	4188,4	2699,2	64,4	2189,0	52,3	430,9	10,3	79,3	1,8

В целом в Республике Башкортостан площадь эродированных с.-х. угодий составляет 4,7 млн га или 64 % (по данным [70] – 67 %) угодий всех категорий земель, еще 1,4 млн га (по данным [22] – 2,7 млн га) являются эрозионно-опасными [69]. 55 % всех пахотных земель (2,6–3,4 млн га) республики подвержены водной эрозии; ветровой – 0,5–1,1 млн га; их совместному (водной и дефляции) проявлению – 12 тыс. га [27, 29, 48, 69]. Согласно [61] 84 % площади всех сельскохозяйственных угодий РБ подвержены в разной степени водной и ветровой эрозии почв. Ежегодный экономический ущерб от эрозии почв в РБ оценивается в 2,3 млрд руб. [70].

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Проведенный анализ публикаций, посвященных эрозии почв в РБ, свидетельствует о насыщенной и длительной истории исследований в данном научно-практическом направлении. При этом основное внимание эрозиоведов в РБ как в прошлом, так и в настоящее время направлено на разработку и испытание методов противоэрозионных мелиораций при слабом уровне доступной информации о текущем состоянии почвенных ресурсов и темпах их деградации вследствие эрозионных процессов. Безусловно, разработка противоэрозионных мероприятий является важной и перспективной задачей, однако не менее важной задачей, на наш взгляд, является выявление очагов эрозии почв, оценка локализации и масштаба применения первоочередных почвозащитных мероприятий.

В последние десятилетия в РБ отмечается снижение количества публикаций, посвященных проблеме эрозии почв и, к сожалению, в них присутствует некоторое однообразное копирование одних и тех же данных прошлых лет и слабое поступление новой статистической информации.

Перспективы дальнейших исследований в РБ, на наш взгляд, должны быть направлены на модернизацию методов и подходов к количественной оценке эрозионно-аккумулятивных процессов для практических целей инвентаризации состояния почвенного покрова и прогнозных оценок интенсивности деградации почв в будущем. Необходимо использование современных методов и программ, а именно: ГИС-программ с привлечением данных дистанционного зондирования, гео моделирования и других методов, позволяющих проводить оценки в различных масштабах – от отдельных агрохозяйств до республики в целом. Необходимо использование подходов по практическому применению математических эрозионных моделей для прогнозных оценок динамики эрозии почв в связи с изменением климата, хозяйственной деятельности, площади пашни и др., а также для картографирования эродированных земель (с привлечением данных полевых исследований).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-20011.

Библиографический список

1. Адельмурзина, И.Ф. Распространение водной и ветровой эрозии на примере Юго-западной части республики Башкортостан [Текст] / И.Ф. Адельмурзина, И.Н. Брехова // Центральный научный вестник. 2018. Т. 3. № 14 (55). С. 15–17.
2. Акимов, В.А. Опасные гидрометеорологические явления на территории России [Текст] / В.А. Акимов, Р.А. Дурнев, Ю.И. Соколов. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. 316 с.
3. Арсланов, Г.Х. Приемы борьбы с засухой и эрозией почв в условиях Зауральской степи Башкирии [Текст] / Г.Х. Арсланов // Труды БНИИСХ. Вып.3. Уфа, 1965. С. 17–21.
4. Бадамшина, Е.Ю. Эрозия почв и методы борьбы с ней [Текст] / Е.Ю. Бадамшина, А.Д. Лукманова, Т.Р. Нигматуллин // Аллея науки. 2018. Т. 8. № 5 (21). С. 677–680.
5. Богомолов, Д.В. Влияние продольной и поперечной вспашки на склонах на развитие поверхностного стока и эрозионных явлений [Текст] / Д.В. Богомолов // Почвоведение. 1943. № 6. С.42–46.
6. Богомолов, Д.В. О борьбе с эрозией почв [Текст] / Д.В. Богомолов // Почвоведение. 1943. № 3. С. 49–64.
7. Богомолов, Д.В. Почвенная карта Башкирской АССР. М 1:600 000 / Д.В. Богомолов. М., 1941.
8. Богомолов, Д.В. Почвы Башкирской АССР [Текст] / Д.В. Богомолов. М.: АН СССР, 1954. 296 с.
9. Велецкий, С.Н. Земская статистика [Текст]: справочная книга по земской статистике: в 2-х ч. / С.Н. Велецкий. М.: М. и С. Сабашниковы, 1899. 422 с.
10. Габбасова, И.М. Влияние низовых пожаров на свойства и эрозию лесных почв южного Урала (Башкирский государственный природный заповедник) [Текст] / И.М. Габбасова, Т.Т. Гарипов, Р.Р. Сулейманов и др. // Почвоведение. 2019. № 4. (в печати).
11. Габбасова, И.М. Изменение эродированных почв во времени в зависимости от их сельскохозяйственного использования в Южном Предуралье [Текст] / И.М. Габбасова, Р.Р. Су-

лейманов, И.К. Хабилов и др. // Почвоведение. 2016. № 10. С. 1277–1283.

12. Габбасова, И.М. Оценка состояния агро-черноземов, подверженных водной и ветровой эрозии, для использования в орошаемом земледелии [Текст] / И.М. Габбасова, Р.Р. Сулейманов, М.А. Комиссаров, Р.Б. Яубасаров // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2013. № 1 (25). С. 11–15.

13. Габбасова, И.М. Распространение, типология и оценка состояния деградированных почв Республики Башкортостан [Текст] / И.М. Габбасова, И.К. Хабилов // Вестник Башкирского ГАУ. 2010. № 2. С. 3–11.

14. Гайсин, Ш.А. О ветровой эрозии почв в Башкирии [Текст] / Ш.А. Гайсин, Г.Н. Лысак. Уфа: Башкиргиздат, 1958. 22 с.

15. Гареев, А.М. Естественные и антропогенные факторы активизации развития эрозионных процессов [Текст] / А.М. Гареев, И.Л. Хабибуллин. Уфа: РИЦ БашГУ, 2010. 124 с.

16. Гареев, А.М. Система охраняемых природных территорий Республики Башкортостан (географо-экологическое обоснование) [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.М. Гареев, А.Ф. Нигматуллин. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2005. Режим доступа: <https://elib.bashedu.ru/dl/read/GareevNigmatulinSistemaOhranPrirodnTeritoriiRB.UchPos.2005.pdf>.

17. Гареев, А.М. Трансформация склонового, речного стока и особенности его влияния на эрозионные процессы (на примере южного Урала и Приуралья) [Текст] / А.М. Гареев // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2007. № 5. С. 65–71.

18. Гарифуллин, Ф.Ш. Изменение свойств почв под действием эрозии [Текст] / Ф.Ш. Гарифуллин, С.И. Федоров // Почвоведение. 1997. № 12. С. 1518–1520.

19. Гарифуллин, Ф.Ш. Почвы Южного Урала и их рациональное использование [Текст] / Ф.Ш. Гарифуллин, А.Ш. Ишемьяров. Уфа: Башкирский СХИ, 1987. 82 с.

20. Гарифуллин, Ф.Ш. Эрозия почв в Башкирии и меры борьбы с ней [Текст] / Ф.Ш. Гарифуллин. Уфа, 1983. 32 с.

21. Генеральная схема притивозрозионных мероприятий Башкирской АССР / Башкир. отделение «Росгипрозем». Уфа, 1974 (корректирована в 1984 г.)

22. Гизатшина, Г.М. Оценка эрозионной опасности лесостепной зоны южного Предуралья Республики Башкортостан [Текст] / Г.М. Гизатшина, Ф.Ф. Алтыnguзина // Инновационная наука. 2016. № 11-3. С. 188–191.

23. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Республике Башкортостан в 2017 году [Текст]. Уфа: Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Республике Башкортостан, 2018. 244 с.

24. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2005 г. [Текст]: Государственный доклад. М.: Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 2006.

25. Давлетшина, М.Р. Закономерности формирования стока талых вод и смыва почвы в Южном Предуралье [Текст] / М.Р. Давлетшина, М.А. Комиссаров, А.В. Комиссаров // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сборник материалов IV Всероссийской научной конференции с международным участием. Томск, 2010. С. 56–58.

26. Давлетшина, М.Р. Процессы эрозии почв при снеготаянии, их математическое описание [Текст] / М.Р. Давлетшина // Научное обеспечение инновационного развития АПК: материалы Всероссийской научно-практической конференции в рамках XX Юбилейной специализированной выставки «АгроКомплекс-2010». Уфа, 2010. С. 44–48.

27. Доклад об экологической ситуации на территории республики Башкортостан в 2017 году [Текст]. Уфа: Министерство природопользования и экологии Республики Башкортостан, 2017. 157 с.

28. Дьяченко, А.Е. Дефляция почв в Башкирии и меры борьбы с ней [Текст] / А.Е. Дьяченко, Л.Т. Земляницкий // Почвоведение. 1946. № 8. С. 28–34.

29. Загитова, Л.Р. Атмосферная циркуляция как фактор развития эрозионных процессов в Башкирском Предуралье [Текст] / Л.Р. Загитова, Р.Ф. Мустафин, В.А. Тестова, Р.Р. Зубаиров // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1 (54). С. 34–41.

30. Ишбулатов, М.Г. Землепользователи орошаемых земель [Текст] / М.Г. Ишбулатов, А.В. Комиссаров, Б.Н. Батанов, Г.В. Гумерова // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2017. № 5 (148). С. 15–19.

31. Каипов, Я.Х. Изменение противозрозионной устойчивости черноземов Башкирии под влиянием сельскохозяйственных культур, обработки почвы и в зависимости от рельефа [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Яхъя Зайнуллович Каипов. Пермь, 1991. 26 с.

32. Комиссаров, А.В. Влияние длительности лиманного затопления на некоторые свойства

почвы и продуктивность естественных сенокосов степного Зауралья [Текст] / А.В. Комиссаров, М.А. Комиссаров // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2014. № 4. С. 102–108.

33. Комиссаров, М.А. Влияние агроэкологических факторов на развитие водной эрозии почв на пологих склонах в Южном Предуралье [Текст]: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.13 / Михаил Александрович Комиссаров. Уфа: Башкирский ГАУ, 2012. 140 с.

34. Комиссаров, М.А. Развитие эрозионных процессов на черноземе выщелоченном в Южном Приуралье [Текст] / М.А. Комиссаров, М.Р. Давлетшина, П. Либельт, Р.Р. Сулейманов // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. № 5 (2). С. 82–85.

35. Комиссаров, М.А. Эрозия агрочерноземов при орошении дождеванием и моделировании осадков в Южной лесостепи Башкирского Предуралья [Текст] / М.А. Комиссаров, И.М. Габбасова // Почвоведение. 2017. № 2. С. 264–272.

36. Комиссаров, М.А. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в Южном Предуралье [Текст] / М.А. Комиссаров, И.М. Габбасова // Почвоведение. 2014. № 6. С. 734–743.

37. Комиссаров, М.А. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах полевых и лесных водосборов Южного Предуралья в 2018 гидрологическом году [Текст] / М.А. Комиссаров // Социально-экономическая эффективность использования земельных ресурсов в аграрной сфере экономики Республики Башкортостан: современное состояние и пути повышения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Уфа, 2018. С. 208–212.

38. Комиссаров, М.А. Эрозия почвы при орошении мобильными дождевальными установками [Текст] / М.А. Комиссаров // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 3. С. 32–34.

39. Литвин, Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России [Текст] / Л.Ф. Литвин. М.: Академкнига, 2002. 255 с.

40. Лысак, Г.Н. Безотвальная обработка на склонах [Текст] / Г.Н. Лысак, Д.Ю. Кириллова // Защита почв от эрозии. Научно-технический бюллетень по проблеме. Вып. 3. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 1974. С. 21–26.

41. Лысак, Г.Н. Борьба с засухой и эрозией почв в Башкирии [Текст] / Г.Н. Лысак. Уфа: Башкиргиздат, 1966. 72 с.

42. Лысак, Г.Н. Влияние высоты стерни и применения удобрений при безотальной обработке на противозерозионную устойчивость почвы и урожай яровой пшеницы [Текст] / Г.Н. Лысак, Р.Я. Рамазанов, М.Н. Пономарева // Защита почв от эрозии. Научно-технический

бюллетень по проблеме. Вып. 2. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 1974. С. 9–13.

43. Лысак, Г.Н. Противозерозионная агротехника в Чермасано-Демской степи Башкирии [Текст] / Г.Н. Лысак // Эрозия почв и меры борьбы с нею: сб. тр. М.: Сельхозгиз, 1957. С. 17–21.

44. Лысак, Г.Н. Эффективность применения безотальной обработки на серых лесных почвах / Г.Н. Лысак, Л.П. Алисова // Защита почв от эрозии. Научно-технический бюллетень по проблеме. Вып. 6. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 1976. С. 37–40.

45. Миндияров, Д.Д. Особенности природных условий и почвенно-эрозионное районирование Южного Урала / Д.Д. Миндияров, Г.Н. Лысак, Ф.Ш. Гарифуллин, Р.Я. Рамазанов // Защита почв от эрозии. Научно-технический бюллетень по проблеме. Вып. 5. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 1975. С. 62–65.

46. Мотревич, В.П. К вопросу о результатах развития сельского хозяйства на Урале в 1950-е гг. [Текст] / В.П. Мотревич // Емельяновские чтения: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Курган: Курганский гос. ун-т, 2009. С. 24–27.

47. Мухтаруллина, Г.Р. Масштабы проявления эрозии почв в Республике Башкортостан [Текст] / Г.Р. Мухтаруллина, Л.Я. Харисова // Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов: сборник научных трудов Международной научно-технической Интернет-конференции. Тула: Тульский гос. университет, 2016. С. 200–202.

48. Почвы Башкортостана. Т. 1: Эколого-генетическая и агропроизводственная характеристика [Текст] / Ф.Х. Хазиев, А.Х. Мукатанов, И.К. Хабилов, Г.А. Кольцова, И.М. Габбасова, Р.Я. Рамазанов. Уфа: Гилем, 1995. 384 с.

49. Почвы Башкортостана. Т. 2: Воспроизводство плодородия: зонально-экологические аспекты [Текст] / Ф.Х. Хазиев, Г.А. Кольцова, Р.Я. Рамазанов, А.Х. Мукатанов, И.М. Габбасова, М.М. Хамидуллин, И.К. Хабилов. Уфа: Гилем, 1997. 326 с.

50. Рамазанов, Р.Я. Ветровая эрозия и роль безотальной обработки в борьбе с ней на типичных карбонатных черноземах Башкирского Предуралья [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Риф Яруллович Рамазанов. Уфа: Башк. с.-х. ин-т, 1973. 21 с.

51. Рожанец, М.И. Почвы и растительность Оренбургской губернии [Текст]: с 3 карт. / М.И. Рожанец, С.Е. Рожанец-Кучеровская. Н.К.З. Оренбургское губ. зем. управление. Почвенно-ботаническое бюро. Оренбург: [б. и.], 1928. 54 с.

52. Скрыбина, О.А. Водная эрозия почв и борьба с ней [Текст] / О.А. Скрыбина. Пермь: Пермское книжное издательство, 1990. 246 с.
53. Смородин, Г.С. Агротехническое обоснование севооборотов и приемов борьбы с эрозией почв в Кош-Елгинском совхозе [Текст] / Г.С. Смородин, А.Я. Бойко // Труды БСХИ. Т. 12, 1966. С. 28–35.
54. Соболев, С.С. Мульчирование стерней – новый метод борьбы с эрозией почв [Текст] / С.С. Соболев // Социалистическое сельское хозяйство. 1945. № 6. С. 62–64.
55. Соболев, С.С. Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними [Текст] / С.С. Соболев. Ленинград: АН СССР, 1948. Т. 1. 306 с.
56. Соболев, С.С. Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними [Текст] / С.С. Соболев. Ленинград: АН СССР, 1960. Т. 2. 248 с.
57. Соболев, Н.В. Влияние изменения климата на эрозионные процессы в Республике Башкортостан [Текст] / Н.В. Соболев, И.М. Габбасова, М.А. Комиссаров // Аридные экосистемы. 2015. Т. 21. № 4. С. 22–28.
58. Соболев, Н.В. Влияние различной интенсивности дождей и крутизны склонов на развитие эрозии почв в Южном Предуралье (модельный опыт) [Текст] / Н.В. Соболев, И.М. Габбасова, М.А. Комиссаров // Почвоведение. 2017. № 9. С. 1134–1140.
59. Соболев, Н.В. Развитие эрозионных процессов в изменяющихся климатических условиях Южно-Уральского региона [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.13 / Наталья Владимировна Соболев. Уфа: Башкирский ГАУ, 2016. 24 с.
60. Стафийчук, И.Д. Земля как фактор развития АПК Республики Башкортостан [Текст] / И.Д. Стафийчук, Р.Р. Хисамов // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2017. № 2 (136). С. 38–43.
61. Тестова, В.А. Особенности эрозии земель в Республике Башкортостан и меры борьбы с ней [Текст] / В.А. Тестова // Молодежный научный потенциал XXI века: ступени познания. Материалы II Молодежной международной научно-практической конференции. Новосибирск, 2017. С. 171–176.
62. Туровцев, М.М. Водная эрозия почв в Башкирии [Текст] / М.М. Туровцев. Уфа, 1958. 76 с.
63. Туровцев, М.М. Эрозия почв Башкирской АССР и борьба с ней [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / М.М. Туровцев; Акад. наук СССР. Почв. Ин-т им. В. В. Докучаева. М., 1955. 16 с.
64. Фаизова, Э.Ф. Оценка эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения в различных формах хозяйствования Республики Башкортостан [Текст] / Э.Ф. Фаизова, Р.Р. Сахаутдинов, Ф.И. Акчурина // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2014. № 8 (119). С. 53–59.
65. Файзуллин, М.М. Водная эрозия почв в условиях Прибельской лесостепи БАССР и меры борьбы с ней [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Мидхат Мусеевич Файзуллин. М., 1954. 15 с.
66. Федорако, Г.И. Полезащитное лесоразведение в Башкирии [Текст] / Г.И. Федорако, Г.З. Хамидуллин. Уфа: Башгосиздат, 1948. 87 с.
67. Федоров, С.И. Агроэкологические принципы защиты почв от эрозии и кадастровая оценка эродированных земель Башкортостана [Текст]: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.03 / Сергей Иванович Федоров. Уфа: Башкирский ГАУ, 2006. 48 с.
68. Хабилов, И.К. Рекомендации по сохранению и повышению плодородия почв Республики Башкортостан на 2001–2004 годы на основе адаптивно-ландшафтного земледелия [Текст] / И.К. Хабилов, В.Д. Недорезков, Б.Н. Батанов и др. Уфа: Башкирский ГАУ, 2000. 164 с.
69. Хазиев, Ф.Х. Исследование почв в Республике Башкортостан [Текст] / Ф.Х. Хазиев // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2011. Т. 16. № 2. С. 34–45.
70. Хурматуллина, А.Р. Развитие эрозионных процессов в Республике Башкортостан [Текст] / А.Р. Хурматуллина, А.Н. Кутляров // Актуальные проблемы природообустройства, кадастра и землепользования: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию факультета землеустройства и кадастров ВГАУ. Воронеж, 2016. С. 157–160.
71. Чанышев, И.О. Почвенно-экологические основы оптимизации землепользования в Республике Башкортостан [Текст]: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.03, 06.01.01 / Ильдар Олегович Чанышев; Алт. гос. аграр. ун-т. Барнаул, 2009. 44 с.
72. Эрозия почв Южного Приуралья [Текст]: [сб. ст.] / АН СССР, Башкирский филиал, Институт биологии; [редкол.: Ф.Х. Хазиев (отв. ред.)]. Уфа: БФАН СССР, 1984. 140 с.
73. Якубов, Т.Ф. Ветровая эрозия почв в Башкирии и меры борьбы с ней [Текст] / Т.Ф. Якубов // Почвоведение. 1945. № 1. С. 34–42.
74. Якубов, Т.Ф. Ветровая эрозия почв и борьба с ней [Текст] / Т.Ф. Якубов. М.: Сельхозгиз, 1946. 80 с.
75. Андресон, Р.К. Биологическая рекультивация почвы, загрязненной нефтью, в промысло-

вых условиях [Текст] / Р.К. Андресон, А.Г. Телин, Н.Ф. Галимзянова, Я.М. Агафарова, Ф.Я. Багаутдинов, Т.Ф. Бойко, Т.Т. Гарипов // Защита от коррозии и охрана окружающей среды. 1997. № 4-5. С. 21.

76. Багаутдинов, Ф.Я. Гумусовое состояние чернозема типичного и урожайность культур при различных системах обработки почв [Текст]

/ Ф.Я. Багаутдинов, Л.И. Салищев, Т.Т. Гарипов, Х.Ф. Фаизов // Агрохимия. 1992. № 6. С. 64.

77. Багаутдинов, Ф.Я. Обновление компонентов гумуса серой лесной почвы и чернозема типичного при длительной гумификации меченых по углероду растительных остатков [Текст] / Ф.Я. Багаутдинов // Почвоведение. 1994. № 2. С. 50.

Сведения об авторах

1. **Шамшурина Евгения Николаевна**, кандидат биологических наук, научный сотрудник НИЛ ЭПИРП им. Н.И. Маккавеева, Географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, г. Москва, Ленинские Горы, д. 1, e-mail: shamshyr@mail.ru.

2. **Комиссаров Михаил Александрович**, orcid.org/0000-0001-6135-7212, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории почвоведения Уфимского Института биологии УФИЦ РАН, 450054, г. Уфа, пр. Октября, 69, e-mail: mkomissarov@list.ru.

3. **Жидкин Андрей Петрович**, кандидат географических наук, старший научный сотрудник кафедры геохимии ландшафтов и географии почв, Географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, г. Москва, Ленинские Горы, д. 1, старший научный сотрудник, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2, e-mail: gidkin@mail.ru.

В статье представлен литературный обзор работ по изучению эрозии почв в Республике Башкортостан. Описана история развития эрозиоведения в регионе. Показаны данные потерь почвы в разных природно-климатических зонах республики при разных эрозионных событиях

(снеготаянии, ливнях, орошении и дефляции) и временных интервалах. Проведен анализ работ по изучению эрозионно-аккумулятивных процессов и даны рекомендации по применению современных методов.

E. Shamshurina, M. Komissarov, A. Zhidkin

SOIL EROSION IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN: A HISTORICAL REVIEW, MODERN STATE AND PROSPECTS OF FURTHER STUDIES

Key words: *chernozem; runoff; arable land; deflation; degradation; eroding of soil cover.*

Authors' personal details

1. **Shamshurina Evgenia**, PhD (biological sciences), researcher at Makkaveev's scientific research laboratory, faculty of geography, Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, Leninskie Gory, 1, e-mail: shamshyr@mail.ru.

2. **Komissarov Mikhail**, orcid.org/0000-0001-6135-7212, PhD (soil sciences), senior researcher at laboratory of soil science, Ufa Institute of biology UFRC RAS, 450054, Ufa, Oktyabrya pr., 69, e-mail: mkomissarov@list.ru.

3. **Zhidkin Andrei**, PhD (geographical sciences), senior researcher at the Department of landscape geochemistry and soil geography, faculty of geography, Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, Leninskie Gory, 1; Senior researcher at Soil Institute of V.V. Dokuchaev, 119017, Moscow, Pyzhevsky pereulok, 7 bld. 2, e-mail: gidkin@mail.ru.

The article present a literature review of soil erosion studies at the Republic of Bashkortostan. The history of soil erosion development in the region is described. The data of soil losses in different climatic zones of republic during different erosion

events (snow melting, rainfall, irrigation and deflation) and time intervals are shown. The analysis of articles based on study of erosion-accumulation processes was carried out and recommendations for using of modern methods were given.

© Шамшурина Е.Н., Комиссаров М.А., Жидкин А.П.

О КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПОДРОСТА ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСАХ ЮЖНОГО УРАЛА

Ключевые слова: дуб черешчатый; липа мелколистная; подрост; конкурентоспособность; восстановление дубрав.

Введение. Многовековое лесопользование в дубравах, негативное воздействие на них комплекса экстремальных природно-климатических факторов привели к существенной деградации насаждений дуба черешчатого (*Quercus robur* L.). К примеру, в Европейской части России площади лесов с преобладанием этого вида уменьшились на десятки процентов, а в Республике Башкортостан – почти наполовину [1]. С другой стороны, глобальное изменение климата может обусловить начало естественного восстановления дубрав и территориальной экспансии дуба черешчатого – в первую очередь, географически краевых популяций [3]. О реальности такого сценария свидетельствует сравнительно быстрое распространение дубрав в послеледниковое время из рефугиумов юга Европы. На континенте в настоящее время выявлено значительное увеличение урожайности дуба черешчатого, вызванное повышением весенних температур и другими процессами, связываемых с изменением климата [4–8]. В России такие исследования, видимо, не проводились, но во время проведения популяционно-генетических исследований [2] нами отмечено повсеместное появление обильного естественного возобновления дуба черешчатого на северной и восточной границах ареала вида, в первую очередь в низкополнотных насаждениях и в «окнах» древесного полога, а также на неиспользуемых землях сельскохозяйственного назначения.

По данным Министерства лесного хозяйства Республики Башкортостан (<http://docs.cntd.ru/document/935110326>), леса с доминированием дуба черешчатого занимают всего 5,1 % лесопокрытой площади. Причиной является то, что вид чаще образует чистые насаждения в экологически экстремальных условиях [Попов Г.В., 1980], но встречается главным образом как компонента широколиственных лесов Южного Урала и Предуралья. В их составе доминирует липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), занимающая в Башкортостане 21,7 % покрытых лесом площадей и ранее возобновляющаяся главным образом вегетативным способом. Как и у дуба, в последние десятилетия у липы мелколистной появляется обильный самосев.

Цель и задачи исследования – оценка конкурентной способности будущего молодого поколения дуба по сравнению с липой на участках интенсивного возобновления этих двух пород.

Материалы и методы исследования. В спелом древостое с составом 8Д2Лп и полнотой 0,4, расположенном в условиях поймы на территории Архангельского лесничества Республики Башкортостан (низкогорья западного макросклона южно-уральских гор), отобраны «малые» окна возобновления древесного полога площадями менее 200 квадратных метров) с близкими размерами по длине и ширине, ориентации по сторонам света, типу растительности и др. В них выборочно-перечислительным методом проведен учет имеющегося подроста с измерением высоты растений и определением их проективного покрытия. В этих целях использованы 7 пробных площадок по 5 квадратных метров, представляющих прямоугольные учетные ленты шириной 1 м. Границы лент фиксировали шпагатом, на углах устанавливались колья. У подроста дуба фиксировались факты перевершинования, отмирания главного стебля и другие симптомы нарушения роста и развития. Способ возобновления подроста липы определяли выкапыванием по 10 экземпляров на одну пробную площадку и обследованием корешка. При анализе полученных данных учитывали размещение вокруг окон потенциальных материнских деревьев дуба и липы.

Результаты исследования. На пробных площадях не обнаружены всходы и самосев обеих пород, не достигших возраста подроста. Подтверждением является то, что распределение растений по высоте у обоих растений носит характер, близкий к биномиальному (на рисунках 1 и 2 также представлены теоретически ожидаемые кривые). Причиной может быть большая густота и высокое проективное покрытие мелкого и среднего подроста, что не дает возможность появления новых всходов и самосева.

Проективное покрытие подроста во всех случаях было близко к 100 %, что по принятым в лесоводстве стандартам относится к категории «хорошее возобновление». По густоте оно (таб-

лица) существенно превышает пределы «очень густого» – более 13 тыс. шт./га. На всех пробных площадках доминировал мелкий (до 0,5 м) и средний (0,51–1,5 м) подрост дуба и липы. Обнаружены единичные представители березы повислой и осины, несмотря на их отсутствие в древостое. В среднем для растений изучаемых видов во всех 7 выборках получены следующие статистические показатели. В составе подростка в большинстве случаев доминировал дуб – его доля по 10-балльной шкале $7,4 \pm 0,5$ (коэффициент вариации 18,3 %) по сравнению с липой ($2,4 \pm 0,6$, 58,9 %). Средняя высота подростка дуба $64,6 \pm 1,2$ см с изменениями от 20 до 140 см (коэффициент вариации 38,7 %). Подрост липы оказался в среднем почти в полтора раза выше, но меньше варьировался: соответствующие значения составили $101,6 \pm 1,9$ см, 30–175 см и 27,7 %. Различия растений двух пород по высоте статистически достоверны ($p < 0,001$). Дуб возобновлялся гуще ($12,4 \pm 2,6$ растения на квад-

ратный метр, с изменениями от 1,0 до 18,0 шт., коэффициент вариации 51,8 %) по сравнению с липой ($6,5 \pm 1,9$ см, 0,25–13,4 шт., 72,7 %).

Более полную информацию о естественном возобновлении окон в древесном пологе можно получить лишь при раздельном анализе пробных площадей (таблица). Состав и численность подростка дуба во всех случаях определялись близостью материнского дерева, для липы такая связь практически не выражена. При близости к пробной площади плодоносящих дубов в окне полога его подрост доминирует (пробные площадки №№ 1, 2, 3, 5, 6). Подрост липы превалирует, когда на расстоянии ближе более 25 дубов не имеется (пробные площадки №№ 4 и 7). Наиболее адекватным объяснением этого факта может быть ярко выраженный гравитационный характер распространения семян первой породы и более легкие семена липы, снабженные крылатками, что способствует их разлету при помощи ветра.

Рисунок 1

Распределение подростка дуба по высоте

Рисунок 2

Распределение подростка липы по высоте

Таблица Состав, численность и высота подростка

Пробная площадь	Порода	N	Состав	$X \pm m$	Lim	C
1	Дуб	18,0	7,1Д 2,9Лп	$56,2 \pm 2,1$	20–120	35,3
	Липа	7,4		$100,5 \pm 5,2$	40–150	31,3
2	Дуб	16,2	7,6Д 2,4Лп	$56,0 \pm 2,6$	20–130	42,6
	Липа	5,2		$105,6 \pm 4,7$	60–140	22,8
3	Дуб	18,0	5,7Д 4,3Лп	$69,7 \pm 9,6$	25–90	130,2
	Липа	13,4		$94,9 \pm 3,7$	30–175	32,0
4	Дуб	6,4	6,4Лп 3,6Д	$64,4 \pm 4,9$	20–125	42,9
	Липа	11,6		$98,5 \pm 3,2$	40–145	24,5
5	Дуб	14,4	10Д ед.Лп	$79,7 \pm 2,1$	40–120	22,4
	Липа	0,25		95,0	–	–
6	Дуб	12,8	7,8Д 1,7Лп 0,5Ос	$74,0 \pm 3,4$	40–140	36,7
	Липа	2,8		$111,4 \pm 7,7$	60–150	26,0
	Осина	0,5		$325,0 \pm 14,4$	300–350	8,8
7	Дуб	1,0	7,2Лп 1,6Д 1,2Б	$87,0 \pm 16,6$	50–140	42,4
	Липа	4,6		$124,3 \pm 5,4$	80–200	20,9
	Береза	0,8		$256 \pm 49,8$	145–350	38,9

Примечание. N – число растений в пересчете на квадратный метр; $X \pm m$ – средняя арифметическая высота и ее ошибка; Lim – пределы изменения высоты подростка; C – коэффициент вариации, %.

Анализ научной литературы позволяет выделить две группы факторов, препятствующих успешному семенному возобновлению дуба черешчатого – биоэкологические свойства вида (в первую очередь, его светолюбие) и антропогенная деятельность. При этом уничтожаются сами растения (например, в результате пастбы скота, сенокошения). Но чаще, как отмечал еще классик российского лесоведения Г.Ф. Морозов, обильный подрост, достигающий нескольких десятков тысяч в пересчете на 1 га, со временем образует в большом количестве так называемые «торчки» – растения с задержкой развития в ходе перевершинования и отмирания главного стебля. Однако в нашем исследовании мы практически не обнаружили таких и других аномалий развития. Это позволяет объяснять обилие подроста дуба в исследованном насаждении следствием периодов с погодными условиями, более благоприятными для прорастания желудей, появления всходов и самосева породы.

В пользу этого объяснения свидетельствует также то, что все 70 обследованных экземпляров подроста липы были семенного происхождения.

Выводы. Все экземпляры подроста дуба черешчатого можно отнести к категории жизнеспособных, его возобновление хорошее, подрост очень густой. Но липа мелколистная, играющая на первом этапе его жизни роль «подгона», в настоящее время начинает угнетать подрост дуба черешчатого из-за своей большей теневыносливости и скорости роста. Доказательством реальности этого процесса является меньшая высота подроста дуба и большая вариативность данного признака. Полноценное восстановление породы в качестве главной в обследованном насаждении и аналогичных условиях невозможно без помощи человека и рубок ухода.

Исследование проведено за счет гранта Российского научного фонда № 19-16-00084.

Библиографический список

1. Бугаев, В.А. Дубравы лесостепи [Текст] / В.А. Бугаев, А.Л. Мусиевский, В.В. Царалунга. Воронеж, 2013. 217 с.
2. Янбаев, Р.Ю. ISSR-анализ полиморфизма ДНК дуба черешчатого: аргументы в пользу использования для лесовосстановления семян местных насаждений [Текст] / Р.Ю. Янбаев, А.А. Габитова, Р.Р. Султанова, С.В. Боронникова, Ю.А. Янбаев // Вестник ОГАУ. 2017. Т. 63 (1). С. 220–222.
3. Aitken S.N., Yeaman S., Holliday et al. Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations. J. Evolutionary Applications. 2008. V. 1. P. 95–111.
4. Caigard T., Kremer A., Firmat C., et al. Increasing spring temperatures favor oak seed production in temperate areas. J. Sci. Rep. 2017. Doi: 10.1038/s41598-017-09172-7.
5. Ülke E.D., Tavşanoğlu Ç, Perktas U. Ecological niche modelling of pedunculate oak (*Quercus robur*) supports the «expansion – contraction» model of Pleistocene biogeography. Biological Journal of the Linnean Society. 2018. Doi: 10.1093/biolinnean/blx154/4769765.
6. Султанова, Р.Р. Нектарные липняки [Текст] / Р.Р. Султанова, Р.М. Мустафин, А.Ф. Хайретдинов. Уфа: Башкирский ГАУ, 2002. 125 с.
7. Султанова, Р.Р. Лесоводственные методы формирования нектарных липняков на Южном Урале: автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук [Текст] / Уральский государственный лесотехнический университет. Екатеринбург, 2005. 42 с.
8. Мартынова, М.В. Влияние сезона рубки на формирование высокопродуктивных липовых насаждений [Текст] / М.В. Мартынова, Р.Р. Султанова, С.В. Мартынова // В сборнике материалов Международной научно-практической конференции: Современная наука – агропромышленному производству. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья. 2014. С. 45–48.

Сведения об авторах

1. **Янбаев Руслан Юлаевич**, старший научный сотрудник научно-образовательного центра, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: qwer222@mail.ru.
2. **Хисматуллин Марат Рамилевич**, аспирант, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», г. Уфа, ул. 3. Валиди, 32, e-mail: Xismatullin.mara@yandex.ru.
3. **Янбаева Василина Юлаевна**, аспирант, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: Yanbaeva_v@mail.ru.
4. **Одинцов Георгий Евгеньевич**, аспирант кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 8 марта, 17, e-mail: Odintsov94@inbox.ru.

Приведены результаты сравнительного анализа высоты и густоты подроста дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), произрастающих в низкогорьях западного макросклона южно-уральских гор. Исследование проведено в пойменной дубраве с составом 8Д2Лп и полнотой 0,4. Всходы и самосев обоих видов не обнаружен. Проективное покрытие подроста на всех 7 пробных площадях близко к 100 %. Доминирует мелкий (до 0,5 м) и средний (0,51–1,5 м) подрост. В его составе в большинстве случаев преобладает дуб – его доля по 10-балльной шкале $7,4 \pm 0,5$ (коэффициент вариации 18,3 %) по сравнению с липой ($2,4 \pm 0,6$, 58,9 %). Средняя высота дуба $64,6 \pm 1,2$ см с изменениями от 20 до 140 см

(коэффициент вариации 38,7 %). Липа оказалась почти в полтора раза выше ($101,6 \pm 1,9$ см), но меньше варьирует (30–175 см и 27,7 %). Различия растений двух пород по высоте статистически достоверны ($p < 0,001$). Дуб возобновлялся обильнее ($12,4 \pm 2,6$ растения на квадратный метр, 1,0 до 18,0 шт., коэффициент вариации 51,8 %), чем липа ($6,5 \pm 1,9$ см, 0,25–13,4 шт., 72,7 %). Растения с задержкой развития в ходе перевершинования и отмирания главного стебля не обнаружены. Липа мелколистная, играющая на первом этапе его жизни роль «подгона», в настоящее время начинает угнетать подрост дуба черешчатого. Восстановление дубрав в этих условиях невозможно без помощи человека и рубок ухода.

R. Yanbaev, M. Khismatullin, V. Yanbaeva, G. Odintsov

ON COMPETITIVENESS OF THE PEDUNCULATE OAK IN BROAD-LEAVED FORESTS OF THE SOUTHERN URALS

Key words: *pedunculate oak; small-leaved linden; undergrowth; competitiveness; restoration of oak forests.*

Authors' personal details

1. **Yanbaev Ruslan**, senior researcher of Scientific-educational center, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya Str., 34, e-mail: qwer222@mail.ru.

2. **Khismatullin Marat**, Post-graduate, Bashkir State University, Ufa, Z. Validi Str., 32, e-mail: Xismatullin.mara@yandex.ru.

3. **Yanbaeva Vasilina**, Post-graduate, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 8 Marta Str., 17, e-mail: Yanbaeva_v@mail.ru.

4. **Odintsov Georgii**, Post-graduate, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 8 Marta Str., 17, e-mail: Odintsov94@inbox.ru.

The results of a comparative analysis of the height and density of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.), growing in the low mountains of the western macro slope of the South Ural Mountains, are presented. The study was conducted out in a floodplain oak forest with a composition of 80 % (oak) and 20 % (linden) and a density of 0,4 in windows of the canopy. The shoots and self-seeding of both species were not revealed. The projective cover of plants in all 7 trial plots is close to 100 %. Small (up to 0,5 m) and medium (0,51–1,5 m) undergrowth prevails. The oak dominates in most cases – its share on a 10-point scale is $7,4 \pm 0,5$ (coefficient of variation 18,3 %), compared with linden ($2,4 \pm 0,6$, 58,9 %). The average height of the oak undergrowth is

$64,6 \pm 1,2$ cm with changes from 20 to 140 cm (coefficient of variation 38,7 %). The growth of linden was almost 1,5 times higher ($101,6 \pm 1,9$ cm), but it varies less (30–175 cm and 27,7 %). Differences in height between the two species are statistically significant ($p < 0,001$). The oak renewed more abundantly ($12,4 \pm 2,6$ plants per square meter, 1,0 to 18,0 pcs, coefficient of variation 51,8 %) than linden ($6,5 \pm 1,9$ cm, 0,25–13,4 pcs, 72,7 %). Plants with a developmental delay during the reversal and dying off of the main stem were not found. Small-leaved linden, which plays the role of «sod» at the first stage of his life, is currently beginning to inhibit the growth of young oak. The restoration of oak forests under these conditions is impossible without the forestry help (thinning).

© Янбаев Р.Ю., Хисматуллин М.Р., Янбаева В.Ю., Одинцов Г.Е.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОРОД КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН ПО АНТИГЕННЫМ ЭРИТРОЦИТАРНЫМ ФАКТОРАМ

Ключевые слова: аллелофонд; крупный рогатый скот; маркерная селекция; эритроцитарные антигенные факторы; частота антигенов групп крови; индекс генетического сходства.

Введение. По итогам племенной работы сельскохозяйственных организаций в Республике Башкортостан по состоянию на 1 января 2019 года племенная база молочного животноводства представлена 60 племенными хозяйствами разных категорий. При этом удельный вес плановых пород в структуре крупного рогатого скота молочного направления продуктивности выглядит следующим образом: черно-пестрая порода – 73,4 %, симментальская – 12,5 %, бестужевская – 8,9 %, голштинская (черно-пестрой масти) – 4,9 % [5].

В целях увеличения производства высококачественной говядины в Башкортостане разработана отраслевая программа развития мясного скотоводства, в рамках которой в республику из Австралии в конце 2009 года был завезен герефордский скот в количестве 1528 голов телок и 50 бычков 10–12-месячного возраста и лимузинский скот в количестве 114 голов. На сегодняшний день по итогам племенной работы сельскохозяйственных организаций в Республике Башкортостан в трех племенных хозяйствах РБ насчитывается 1640 голов лимузинов и 824 головы герефордов [5].

Одним из перспективных направлений использования иммуногенетических исследований в селекции является изучение генетической структуры популяций сельскохозяйственных животных по маркерным генам (маркерам). Такими маркерами являются эритроцитарные антигенные факторы, сведения о полиморфизме которых целесообразно использовать для разработки селекционных программ по повышению продуктивности животных и изучению их адаптационных возможностей.

Благодаря высокой специфичности антигенных свойств крови и кодоминантному наследованию обуславливающих их аллелей полученные сведения используются не только для оценки достоверности происхождения племенных животных и их генетической паспортизации, но и в популяционно-генетических исследованиях для выявления внутрипородной дифференциации отдельных линий и стад животных и для мониторинга микроэволюционных внутри- и межпопуляционных процессов. Кроме того, рядом исследователей показано, что гетерозиготное состояние животных по некоторым

группам крови сопровождается лучшей продуктивностью и жизнеспособностью, а также энергией роста, а по некоторым данным, и лучшей оплодотворяемостью, что используется в селекционно-племенных планах подбором родительских пар [2]. Бугаевым С.Р. (2005) была выявлена положительная связь некоторых антигенов групп с типом стрессоустойчивости крупного рогатого скота, что позволяет использовать сведения об индивидуальном полиморфизме эритроцитарных факторов для оценки генотипического значения этого признака в адаптации организма [3].

Целью настоящего исследования являлся анализ иммуногенетической структуры молочных, молочно-мясных и мясных пород крупного рогатого скота, разводимых в племенных хозяйствах Республики Башкортостан.

При этом решались следующие **задачи**: определение частоты встречаемости аллелей девяти систем групп крови (A, B, C, F, J, L, M, S, Z), обуславливающих антигенные эритроцитарные факторы крови крупного рогатого скота и установление на основании их полиморфизма иммуногенетического сходства и различия между изученными породами.

Материалы и методы исследования. Исследования проведены в период с 2003 по 2018 гг. Материалом исследования служил крупный рогатый скот молочных и молочно-мясных пород (черно-пестрая (6362 гол.), симментальская (2466 гол.), бестужевская (1145 гол.), голштинская (706 гол.)), а также мясных пород (герефордская (414 гол.) и лимузинская (306 гол.)) 77 племенных хозяйств Республики Башкортостан.

Изучение аллелофонда по эритроцитарным антигенным факторам 9 генетических систем групп крови осуществляли с помощью гемолитических тестов по общепринятым методикам [7] с использованием 55 моноспецифических антителосодержащих сывороток, предоставленных ОАО «Самарское» по племенной работе.

Частоту антигенов групп крови определяли методом прямого подсчета.

Для оценки иммуногенетического сходства исследуемых пород использовали формулу А.С. Серебровского (1970).

$$r = 1 - \sqrt{(\sum \Delta^2 / n)},$$

где g – генетическое сходство; $\sum \Delta^2$ – сумма квадратов величины разных частот антигенов сравниваемых популяций; n – число антигенов, по которым проводилось сравнение.

Результаты исследований. Частоты эритроцитарных антигенов изученных пород крупного рогатого скота приведены в таблице 1.

Таблица 1 Частота антигенов групп крови крупного рогатого скота разных пород Республики Башкортостан

№ п/п	Система	Антиген	Порода					
			Черно-пестрая (n = 6362 гол.)	Симментальская (n = 2466 гол.)	Бестужевская (n = 1145 гол.)	Голштинская (n = 706 гол.)	Герефордская (n = 414 гол.)	Лимузинская (n = 306 гол.)
1	А	A ₁	0,35 ± 0,006	0,55 ± 0,010	0,33 ± 0,020	0,26 ± 0,016	0,28 ± 0,022	0,71 ± 0,068
2		A ₂	0,56 ± 0,006***	0,62 ± 0,010**	0,55 ± 0,015***	0,42 ± 0,019***	0,63 ± 0,024*	0,79 ± 0,061
3	В	Z'	0,13 ± 0,004	0,14 ± 0,007	0,13 ± 0,010	0,10 ± 0,011	0,02 ± 0,007	–
4		B ₁	0,18 ± 0,005	0,12 ± 0,007	0,17 ± 0,011	0,24 ± 0,016	0,18 ± 0,019	0,43 ± 0,075
5		B ₂	0,31 ± 0,006	0,28 ± 0,009	0,39 ± 0,014	0,23 ± 0,016	0,18 ± 0,019	0,52 ± 0,075
6		G ₁	0,11 ± 0,004	0,08 ± 0,006***	0,07 ± 0,008***	0,09 ± 0,011	–	–
7		G ₂	0,24 ± 0,005	0,19 ± 0,008	0,15 ± 0,011	0,29 ± 0,017	0,20 ± 0,020	0,34 ± 0,071
8		G ₃	0,27 ± 0,006	0,21 ± 0,008	0,15 ± 0,011	0,13 ± 0,013	–	–
9		I ₁	0,10 ± 0,004	0,14 ± 0,007	0,10 ± 0,009	0,09 ± 0,011	0,07 ± 0,012	0,27 ± 0,067
10		I ₂	0,11 ± 0,004	0,06 ± 0,006	0,04 ± 0,009	0,13 ± 0,012	0,05 ± 0,010	0,36 ± 0,072
11		K	0,11 ± 0,004	0,14 ± 0,007	0,09 ± 0,008	0,02 ± 0,005	0,08 ± 0,013	0,05 ± 0,033
12		O ₁	0,22 ± 0,005	0,24 ± 0,009	0,24 ± 0,013	0,17 ± 0,014	0,04 ± 0,010	0,41 ± 0,074
13		O ₂	0,21 ± 0,005	0,31 ± 0,020	0,13 ± 0,019	0,17 ± 0,014	0,09 ± 0,014	0,29 ± 0,068
14		P ₂	0,09 ± 0,004	0,19 ± 0,008	0,10 ± 0,009	0,25 ± 0,016	0,07 ± 0,013	0,05 ± 0,033
15		Q	0,07 ± 0,003	0,10 ± 0,006	0,15 ± 0,010	0,07 ± 0,010	0,09 ± 0,014	0,39 ± 0,074
16		P ₁	0,10 ± 0,004	0,09 ± 0,007	0,17 ± 0,013	–	–	–
17		T ₁	0,12 ± 0,004	0,16 ± 0,007	0,06 ± 0,007	0,05 ± 0,008	0,05 ± 0,011	0,11 ± 0,047
18		T ₂	0,14 ± 0,004	0,22 ± 0,008	0,12 ± 0,010	0,21 ± 0,015	0,08 ± 0,014	0,36 ± 0,072
19		Y ₂	0,36 ± 0,006	0,27 ± 0,009	0,41 ± 0,015	0,32 ± 0,018	0,69 ± 0,023	0,21 ± 0,061
20		A ₂ '	0,25 ± 0,005	0,20 ± 0,009	0,24 ± 0,013	0,10 ± 0,011	0,40 ± 0,024	0,48 ± 0,075
21		B'	0,14 ± 0,004	0,15 ± 0,007	0,11 ± 0,009	0,25 ± 0,016	0,05 ± 0,010	0,23 ± 0,063
22		D'	0,17 ± 0,005	0,13 ± 0,007	0,11 ± 0,009	0,25 ± 0,016	0,28 ± 0,022	0,21 ± 0,061
23		E ₂ '	0,28 ± 0,006	0,19 ± 0,009	0,24 ± 0,013	0,15 ± 0,013	–	–
24		E ₃ '	0,32 ± 0,006	0,27 ± 0,009	0,19 ± 0,011	0,37 ± 0,018	0,20 ± 0,020	0,79 ± 0,061
25		G'	0,20 ± 0,005	0,16 ± 0,016	0,18 ± 0,021	0,32 ± 0,017	0,07 ± 0,013	0
26		I'	0,13 ± 0,004	0,21 ± 0,008	0,11 ± 0,009	0,14 ± 0,013	0,60 ± 0,024	0,27 ± 0,067
27		J ₂ '	0,10 ± 0,004	0,09 ± 0,006	0,08 ± 0,008*	0,12 ± 0,016	0,03 ± 0,008***	0,07 ± 0,038
28		K'	0,11 ± 0,004	0,09 ± 0,006	0,07 ± 0,008	0,09 ± 0,011	0,06 ± 0,013	0,14 ± 0,052
29		O'	0,24 ± 0,005	0,24 ± 0,009	0,11 ± 0,009	0,34 ± 0,018	0,16 ± 0,018	0,46 ± 0,075
30		P ₁ '	0,19 ± 0,005	0,09 ± 0,006	0,21 ± 0,012	0,21 ± 0,015	0,09 ± 0,014	0,16 ± 0,055
31		Q'	0,27 ± 0,006	0,23 ± 0,008	0,26 ± 0,013	0,10 ± 0,011	0,17 ± 0,019	0,27 ± 0,067
32		G''	0,16 ± 0,005	0,14 ± 0,008	0,17 ± 0,013	–	–	–
33		Y'	0,13 ± 0,004	0,19 ± 0,008	0,13 ± 0,010	0,27 ± 0,017	0,05 ± 0,011	0,05 ± 0,033
34		B''	0,12 ± 0,004	0,18 ± 0,008	0,08 ± 0,008	0,09 ± 0,010	0,01 ± 0,004	0
35		G ₁ ''	0,17 ± 0,006	0,35 ± 0,028	0,12 ± 0,018	0,09 ± 0,011	–	–
36		G ₂ ''	0,34 ± 0,006	0,34 ± 0,021	0,30 ± 0,025	0,31 ± 0,017	0,12 ± 0,016	0,43 ± 0,075
37	С	C ₁	0,46 ± 0,006	0,37 ± 0,010	0,55 ± 0,015	0,35 ± 0,018	0,22 ± 0,020	0,23 ± 0,063
38		C ₂	0,39 ± 0,006***	0,45 ± 0,010***	0,41 ± 0,015***	0,38 ± 0,018***	0,70 ± 0,023	0,50 ± 0,075**
39		E	0,39 ± 0,006	0,29 ± 0,009	0,41 ± 0,015	0,33 ± 0,018	0,61 ± 0,024	0,68 ± 0,070
40		R ₁	0,18 ± 0,005	0,19 ± 0,008	0,11 ± 0,009	0,14 ± 0,013	0,39 ± 0,024	0,05 ± 0,033
41		W	0,29 ± 0,006	0,28 ± 0,009	0,18 ± 0,011	0,26 ± 0,016	0,27 ± 0,022	0,93 ± 0,038
42		X ₁	0,16 ± 0,005	0,17 ± 0,008	0,08 ± 0,008	0,24 ± 0,016	0,09 ± 0,014	0,05 ± 0,033
43		X ₂	0,35 ± 0,006	0,23 ± 0,008	0,22 ± 0,012	0,45 ± 0,019	0,25 ± 0,021	0,36 ± 0,072
44		L'	0,13 ± 0,004	0,24 ± 0,009	0,14 ± 0,010	0,24 ± 0,016	0,22 ± 0,020	0,46 ± 0,075
45	М	М	0,16 ± 0,005	0,10 ± 0,007	0,12 ± 0,013	–	–	–
46	F	F	0,93 ± 0,003*	0,97 ± 0,003	0,92 ± 0,008**	0,76 ± 0,016***	0,95 ± 0,010	0,98 ± 0,021
47		V	0,16 ± 0,005	0,18 ± 0,008	0,22 ± 0,012	0,41 ± 0,019	0,24 ± 0,021	0,36 ± 0,072
48	J	J	0,14 ± 0,004	0,16 ± 0,007	0,14 ± 0,010	0,25 ± 0,016	0,38 ± 0,024	–
49	L	L	0,31 ± 0,006	0,31 ± 0,009	0,35 ± 0,014	0,26 ± 0,017	0,58 ± 0,024	0,36 ± 0,072
50	S	S ₁	0,17 ± 0,005	0,25 ± 0,009	0,08 ± 0,008	0,16 ± 0,014	0,22 ± 0,020	0,09 ± 0,043
51		S ₂	0,24 ± 0,005	0,34 ± 0,010	0,15 ± 0,010	0,19 ± 0,015	0,20 ± 0,020	0,09 ± 0,043
52		H'	0,37 ± 0,006***	0,44 ± 0,010***	0,50 ± 0,015***	0,35 ± 0,018***	0,44 ± 0,024***	0,73 ± 0,067
53		U	0,09 ± 0,004	0,08 ± 0,005	0,06 ± 0,007	0,17 ± 0,014	0,09 ± 0,014	0,14 ± 0,052
54		U'	0,08 ± 0,003	0,05 ± 0,005	0,15 ± 0,011	0,11 ± 0,012	0,05 ± 0,010	0,21 ± 0,061
55		H''	0,05 ± 0,003	0,08 ± 0,005	0,05 ± 0,007	0,12 ± 0,012	0,05 ± 0,010	0,14 ± 0,052
56		U''	0,11 ± 0,004	0,03 ± 0,004***	0,09 ± 0,009*	0,10 ± 0,011	0,06 ± 0,013***	0,11 ± 0,047
57	Z	Z	0,36 ± 0,006***	0,55 ± 0,010	0,50 ± 0,015**	0,36 ± 0,018***	0,45 ± 0,024***	0,46 ± 0,075

Примечания: – прочерк здесь и далее обозначает, что антиген не исследовался при * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Сравнивая генетическую структуру 6 пород, разводимых в племенных хозяйствах республики, можно наблюдать как межпородную сходность частот эритроцитарных антигенных факторов, так и их несходство.

У всех исследованных пород наблюдается высокая концентрация антигенов F (0,76–0,98), A₂ (0,42–0,79), H' (0,35–0,73), C₂ (0,38–0,70) и Z (0,36–0,55). Так, наибольшая частота антигена F наблюдается у коров лимузинской (0,98 ± 0,021) и симментальской пород (0,97 ± 0,003); наименьшая – у коров голштинской породы 0,76 ± 0,016, что ниже по сравнению с лимузинскими на 22,4 % (p < 0,001). У других пород частота этого антигена практически одинакова (от 0,92 до 0,95).

Максимальная частота антигена A₂ выявлена у коров лимузинской породы – 0,79 ± 0,061. Самая низкая частота данного антигена отмечена у голштинов (0,42 ± 0,019). Эта разница (0,37) является статистически достоверной (p < 0,001). У бестужевской и черно-пестрой пород частота антигена A₂ была примерно одинаковой и составила 0,55 и 0,56, а у симментальской и герефордской пород – 0,62 и 0,63 соответственно. Разница по частоте антигена A₂ у последних пород по сравнению с носителями, имеющими максимальное значение, была статистически достоверной (p < 0,05–0,001).

Лимузинская порода лидировала и по частоте антигена H' (0,73 ± 0,067), что значительно выше по сравнению с голштинской породой (на 0,38; p < 0,001), черно-пестрой (на 0,36; p < 0,001), симментальской и герефордской (на 0,29; p < 0,001), а также бестужевской (на 0,23; p < 0,001).

Частота антигена C₂ была максимальной у мясных пород – герефордской – 0,70 ± 0,023 и лимузинской – 0,50 ± 0,075, а минимальной (ниже почти в два раза) – у молочной голштинской и черно-пестрой пород (соответственно 0,38 и 0,39). Выявленные различия статистически достоверны (p < 0,001). Комбинированные бестужевская и симментальская породы по частоте данного аллеля занимали промежуточное положение (0,41 и 0,45 соответственно).

Симментальская порода по сравнению с другими характеризуется более высокой частотой антигена Z – 0,55; низкая его частота наблюдается у коров черно-пестрой и голштинской пород (по 0,36). Описанные различия частот (0,19) являются статистически достоверными (p < 0,001). По остальным породам частота антигена Z колебалась в диапазоне от 0,45 до 0,50. Так, герефорды имели частоту 0,45, лимузины – 0,46, а бестужевки – 0,50.

По всем породам наблюдается низкая концентрация антигенов G₁ (0,07–0,11), J₂' (0,03–0,12) и U'' (0,03–0,11). Минимальное значение

частоты антигена G₁ имели коровы бестужевской породы – 0,07, максимальное – черно-пестрой – 0,11, разница между ними составила 0,04 (p < 0,001). Симментальские и голштинские коровы по частоте антигена G₁ занимали промежуточное положение с частотой 0,08 и 0,09 соответственно.

Лимузинские коровы имели наименьшую частоту антигена J₂' – 0,03; наибольшая его частота отмечена у коров голштинской породы – 0,12, разница между ними составила 0,09 и была статистически достоверной (p < 0,001). Частота антигена J₂' по остальным породам колебалась незначительно и составляла от 0,07 (герефордская порода) до 0,10 (черно-пестрая порода).

По частоте антигена U'' самую низкую концентрацию имели коровы симментальской породы – 0,03, высокую – коровы черно-пестрой и лимузинской пород – по 0,11. Бестужевская и голштинская породы имели примерно одинаковую встречаемость данного антигена – 0,09 и 0,10 соответственно. Различие между максимальным и минимальным значением было статистически достоверным и составило 0,08 (p < 0,001).

К классу редко встречающихся антигенных факторов относятся следующие: по черно-пестрой породе – H'', Q (0,05–0,07); по симментальской – U'' и U' (0,03–0,05); по бестужевской – I₂ и H'' (0,04–0,05); по голштинской – K и T₁ (0,02–0,05); по герефордской – B'' и Z' (0,01–0,02).

Таким образом, установлено, что по всем оцениваемым породам наблюдается высокая концентрация антигенов F (0,76–0,98), A₂ (0,42–0,79), H' (0,35–0,73), C₂ (0,38–0,70) и Z (0,36–0,55) и низкая концентрация антигенов G₁ (0,07–0,11), J₂' (0,03–0,12) и U'' (0,03–0,11). Примечательно, что в изученной выборке коров не встречаются два антигенных фактора G' и B'' – у коров лимузинской породы.

На основании выявленных частот антигенов мы рассчитали индексы иммуногенетического сходства между изученными породами крупного рогатого скота (таблица 2).

Из таблицы 2 видно, что в целом между породами индексы генетического сходства находятся в пределах от 0,790 до 0,937. При этом плановые породы (черно-пестрая, симментальская и бестужевская), разводимые на территории Республики Башкортостан длительное время, независимо от того, являются ли они молочного или комбинированного направления продуктивности, более близки в генетическом отношении между собой и находятся приблизительно на равноудаленных расстояниях друг от друга. Так, наибольшее иммуногенетическое сходство отмечается между черно-пестрой и бестужевской породами (0,937); между черно-пестрой и симментальской (0,929), а также между симментальской и бестужевской (0,910).

Таблица 2 Индексы иммуногенетического сходства между изученными породами крупного рогатого скота, $r \pm m_r$

Порода	Симментальская	Бестужевская	Голштинская	Герефордская	Лимузинская
Черно-пестрая	$0,929 \pm 0,035$	$0,937 \pm 0,033$	$0,907 \pm 0,040$	$0,850 \pm 0,049$	$0,801 \pm 0,056$
Симментальская	—	$0,910 \pm 0,039$	$0,886 \pm 0,043$	$0,843 \pm 0,050$	$0,801 \pm 0,056$
Бестужевская	—	—	$0,886 \pm 0,043$	$0,853 \pm 0,049$	$0,790 \pm 0,057$
Голштинская	—	—	—	$0,838 \pm 0,051$	$0,792 \pm 0,057$
Герефордская	—	—	—	—	$0,776 \pm 0,059$

Между голштинской и чёрно-пестрой породами коэффициент иммуногенетического сходства чуть ниже и составляет 0,907. Голштинская порода показывает одинаковое сходство (0,886) как с симментальской, так и с бестужевской породами. Отмечается равноудаленность герефордской породы (0,838–0,853), как и лимузинской (0,790–0,801) от всех молочных и молочно-мясных пород. Самое же низкое иммуногенетическое сходство (0,776) имеют две породы мясного направления продуктивности. Различия между данными породами в частотах антигенов, а также в их наличии или отсутствии, показывают данные таблицы 1.

Нет сомнений в том, что каждая порода обладает своеобразным, уникальным аллелофондом, представляющим собой продукт эволюционного развития, основными факторами которого являются такие микроэволюционные факторы, как отбор и подбор, мутации и генетико-автоматические процессы, происходящие в течение многих десятков лет. Одно из наиболее значительных воздействий на изменение генетической структуры породы вообще и иммуногенетической структуры её аллелофонда в частности оказывает отбор, в процессе которого вырабатываются конкретные механизмы адаптации к комплексу природно-климатических условий окружающей среды, в том числе устойчивость к стрессам, эндемичным паразитарным и инфекционным болезням.

Поскольку генетическое разнообразие животных напрямую связано с их гетерозиготным состоянием по некоторым группам крови и сопровождается лучшей продуктивностью, жизнеспособностью и энергией роста, а следовательно, и адаптационными свойствами, мы про-

вели подсчёт среднего количества эритроцитарных антигенов на одно животное.

Из таблицы 3 следует, что наибольшее количество антигенов имеется в крови животных симментальской и бестужевской пород (12,2 и 12,0 соответственно). История разведения этих пород на территории РБ насчитывает много десятков лет. Так, бестужевский скот на территорию Башкирии, наряду с Татарией и Куйбышевской областями, был завезен 1918 г., после чего началась планомерная племенная работа с породой [4], а симментальских животных в Башкортостан начали завозить с 30-х гг. XX века в основном из Оренбургской, Кемеровской, Тамбовской, Воронежской и Смоленской областей, Красноярского края и Украины. С 1934 г. симментальская порода стала второй плановой породой республики с районированием в южных, юго-западных и юго-восточных регионах РБ [10, 11]. В сравнении с симментальской и бестужевской породами, в крови черно-пестрых и голштинских коров в среднем эритроцитарных антигенов выявлено меньше соответственно на 13,2 % ($p < 0,01$) и 36,1 % ($p < 0,001$). Завоз черно-пестрого скота в РБ стал проводиться с начала 60-х годов преимущественно из Свердловской, Пермской, Ленинградской и Московской областей РФ [6, 8]. Голштинскую породу черно-пестрой масти в Российскую Федерацию начали завозить с 2000 года [9]. Что же касается мясных пород, то на территории РБ они вообще являются новосёлами: лимузины – с 2006 года, а исследуемая выборка – с 2009 г. [1]. Среднее количество антигенных эритроцитарных факторов у одного животного указанных пород примерно такое же, как и у чёрно-пёстрых коров (9,0–10,8).

Таблица 3 Количество антигенных эритроцитарных факторов в крови племенных животных разных пород

Порода	Количество антигенов
Чёрно-пестрая	$10,6 \pm 0,37^{**}$
Симментальская	$12,2 \pm 0,28$
Бестужевская	$12,0 \pm 0,21$
Голштинская	$7,8 \pm 0,16^{***}$
Герефордская	$10,8 \pm 0,31$
Лимузинская	$9,0 \pm 0,19^{**}$

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Выводы. У изучаемых пород крупного рогатого скота, разводимых на территории Башкортостана, сформировался уникальный аллелофонд антигенных эритроцитарных факторов крови, который характеризует их иммунобиологическое своеобразие, обусловленное не только

интенсивностью использования производителей разных генеалогических корней, но и микроэволюционными процессами, способствующими адаптационным возможностям животных в конкретных климатических условиях.

Библиографический список

1. Австралийские лимузины на Куюргазинской земле [Электронный ресурс] // ИА Башинформ. РФ. Режим доступа: <http://www.bashinform.ru/news/221910-avstraliyskie-limuziny-na-kiuyurgazinskoy-zemle>.
2. Боев, М.М. Селекционное значение эритроцитарных антигенов [Текст] / М. М. Боев // Зоотехния. 1990. № 7. С. 27–30.
3. Бугаев, С.П. Использование эритроцитарных антигенов в селекции симментальского скота [Текст]: дис. ... канд. с.-х. наук / С.П. Бугаев. Курск, 2005. 119 с.
4. Исламов, Ф.А. Племенное скотоводство Башкирии: история, современность, наука, практика [Текст] / Ф.А. Исламов. Уфа: Башк. энцикл., 2017. 608 с.
5. Итоги племенной работы в сельскохозяйственных организациях Республики Башкортостан за 2018 год [Текст]. Уфа: Мир печати, 2019. 64 с.
6. Немцов, А.А. Породы молочного скота в Башкортостане: история, современное состояние, перспективы и методы совершенствования [Текст] / А.А. Немцов. Уфа: Гилем, 2002. 150 с.
7. Правила генетической экспертизы племенного материала крупного рогатого скота [Текст]. М.: Росинформагротех, 2003. 48 с.
8. Фенченко, Н.Г. История создания и генеалогия чёрно-пёстрой породы крупного рогатого скота [Текст] / Н.Г. Фенченко, Н.И. Хайруллина, Ф.Х. Сиразетдинов. Уфа: БНИИСХ, 2002. 332 с.
9. Шаркаева, Г. Мониторинг импортированного на территорию Российской Федерации крупного рогатого скота [Текст] / Г. Шаркаева // Молочное и мясное скотоводство. 2013. № 1. С. 5–8.
10. Юмагузин, И.Ф. Настоящее и будущее симментальской породы в РБ [Текст] / И.Ф. Юмагузин, Г.В. Наширбанова // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 1. С. 54–56.
11. Sedykh, T.A. Adapting australian hereford cattle to the conditions of the southern Urals / T.A. Sedykh, R.S. Gizatullin, V.I. Kosilov, I.V. Chudov, A.V. Andreeva, M.G. Giniyatullin, S.G. Islamova, Kh.Kh. Tagirov, L.A. Kalashnikova // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. № 3. P. 885–898.

Сведения об авторах

1. **Валитов Фарит Равилович**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой пчеловодства, частной зоотехнии и разведения животных, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: +7 (347) 252-72-52, e-mail: fvalitov@mail.ru.
2. **Долматова Ирина Юрьевна**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры пчеловодства, частной зоотехнии и разведения животных, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: +7 (347) 252-72-52, e-mail: dolmat@list.ru.
3. **Юмагузин Идрис Фидиевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела животноводства, Башкирский НИИСХ УФИЦ РАН, г. Уфа, ул. Рихарда Зорге, 19, тел.: +7 (347) 223-07-08, e-mail: jumagusin@mail.ru.

В статье дан анализ генетической структуры по антигенным эритроцитарным факторам молочных, молочно-мясных и мясных пород крупного рогатого скота, разводимых в племенных хозяйствах Республики Башкортостан. Получены данные об уровне генетической изменчивости и иммуногенетического сходства изученных племенных групп животных.

Установлено, что по всем породам наблюдается высокая концентрация антигенов F, A₂, H', C₂, Z и низкая концентрация антигенов G₁, J₂'

U". В изученной выборке коров не встречаются два антигенных фактора – G' и B" у коров лимузинской породы.

В целом между породами индексы генетического сходства находятся в пределах от 0,790 до 0,937. При этом плановые породы (чёрно-пестрая, симментальская и бестужевская), разводимые на территории Республики Башкортостан длительное время, независимо от того, являются ли они молочного или комбинированного направления продуктивности, более близки в ге-

Наибольшее количество антигенов обнаружено в крови животных симментальской и бес-
тужевской пород: от 12,2 до 12,0 соответ-
ственно. Среднее количество антигенных эритро-
цитарных факторов у животных мясных пород
примерно такое же, как и у чёрно-пёстрых
коров (9,0–10,8).

Таким образом, можно констатировать, что у изучаемых пород крупного рогатого скота Башкортостана сформировался свой уникальный аллелофонд антигенных эритроцитарных факторов крови, который характеризует их своеобразие, связанное не только интенсивностью использования производителей разного происхождения, но и процессами, способствующими возможностям приспособления животных в конкретных условиях среды.

GENETIC STRUCTURE OF CATTLE BREEDS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN BY ANTIGENIC ERYTHROCYTE FACTORS

Authors' personal details

1. **Valitov Farit**, Doctor of Agricultural Sciences, head of the Beekeeping, private animal science and animal breeding department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, phone +7 (347) 252-72-52, e-mail: fvalitov@mail.ru.
2. **Dolmatova Irina**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Beekeeping, private animal science and animal breeding department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34., phone +7 (347) 252-72-52, e-mail: dolmat@list.ru.
3. **Jumagusin Idris**, Candidate of Agricultural Science, Leading Researcher of Laboratory Animal Breeding, Bashkir Research Institute of Agriculture, Ufa, Richard Zorge St., 19, phone +7 (347) 223-07-08, e-mail: jumagusin@mail.ru.

It was found that all breeds have a high concentration of antigens F, A₂, H', C₂, Z and a low concentration of antigens G₁, J₂', U". In the studied sample of cows there are no two antigenic factors – G' and B' in cows of Limousine breed.

In general, genetic similarity indices between breeds range from 0,790 to 0,937. At the same time, planned breeds (Black-mottled, Simmental and Bestuzhevskaya), bred on the territory of the Republic of Bashkortostan for a long time, regardless of whether they are dairy or combined directions of productivity, are closer in genetic relation to each

The greatest number of antigens found in the blood of animals Simmental and Bestuzhevskaya breeds from 12,2 to 12,0, respectively. The average number of antigenic erythrocyte factors in animals of meat breeds is about the same as in black-and-white cows (9,0–10,8).

Thus, it can be stated that the studied breeds of cattle of Bashkortostan formed their own unique allelofund antigenic erythrocyte factors of blood, which characterizes their originality, associated not only with the intensity of use of producers of different origin, but also the processes that contribute to the possibility of adaptation of animals in specific environmental conditions.

ВЛИЯНИЕ СУБТИЛИНОВОЙ МАЗИ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗАЖИВЛЕНИЯ РАН У КРОЛИКОВ

Ключевые слова: кролики; раны; заживление; грануляционная ткань; клетки; коллагеновые волокна; регенерация.

Введение. Раны различного генезиса у сельскохозяйственных животных являются наиболее частыми заболеваниями неинфекционной этиологии. Лечение открытых механических повреждений у продуктивных животных должно быть направлено на профилактику раневой инфекции и ускорение процессов репаративной регенерации [1, 11–13]. С учетом специфики течения раневого процесса у животных ветеринарная хирургия на сегодняшний день располагает целым рядом лекарственных средств для местного воздействия на I фазу раневого процесса. Ассортимент отечественных препаратов, применяемых для лечения II фазы раневого процесса, представлен многочисленными комбинированными мазями [7, 9, 10, 14, 16–18]. В последние годы широкое распространение получило применение пробиотиков при различных патологиях незаразной этиологии у животных [3, 5]. В частности, установлено, что комплексное лечение язвенных поражений кожи в дистальном участке конечностей у крупного рогатого скота с местным использованием гель-пробиотика «Ветоспорин» и перевязочного материала с наночастицами серебра является достаточно эффективным, уменьшает потерю продуктивности больных животных и сокращает экономические затраты на проведение лечебных мероприятий [8]. Многие исследователи отмечают, что морфологическая и гистологическая характеристика процессов репарации и регенерации гнойных ран являются наиболее информативными методами исследований эффективности новых способов лечения данных патологий [2, 4, 15]. В соответствии с этим нами проведены исследования по влиянию субтилиновой мази на морфологические показатели заживления ран у кроликов. Используемая нами субтилиновая мазь содержит действующее вещество Биосептин (*Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*) – 10 %; вспомогательные компоненты (аэросил – 10 %, ПЭГ 1500 – 40 %, ПЭГ 400 – 40 %).

Цель исследований – изучить морфологические показатели заживления экспериментальных ран у кроликов на фоне применения субтилиновой мази.

Материал и методы исследований. Для определения характера заживления экспериментальных ран и выявления морфологических изменений были проведены экспериментальные исследования на 6 кроликах породы шиншилла в возрасте 1–1,5 года, подобранных по принципу аналогов. Исследования проводили в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приложение к приказу Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 г. № 755).

Экспериментальные животные находились в стандартных условиях вивария, имели свободный доступ к воде, нормальный температурный и световой режим, содержались в стандартных железных клетках с мелкой древесной стружкой, получали качественное сено, зерновые, овощи. До экспериментов животные подвергались 3-кратным с интервалом в три дня клиническим и гематологическим исследованиям. Каждому животному под наркозом наносили 2 раны в области лопатки, слева и справа, предварительно за сутки готовили операционное поле. Для получения однотипных ран кожу в области середины лопатки захватывали корнцангом, следили, чтобы длина захвата кожи соответствовала длине бранши корнцанга – 2 см, после чего глазными ножницами непосредственно по краям контура корнцанга иссекали кусочек кожи веретенообразной формы шириной 0,5 см и длиной 4 см. После иссечения кожи получали поверхностную кожную рану, размеры которой значительно превышали размеры кожного лоскута. На поверхность опытных ран равномерно наносили субтилиновую мазь. Для получения эффекта плацебо контрольные раны обрабатывали вазелиновой мазью из стандартной алюминиевой 50 гр. тубы. Обработку ран проводили ежедневно однократно в течение 7 дней. В последующие сроки материал для гематологических, гистологических исследований получали через 3, 7, 14, 21, 28 суток после нанесения ран.

Результаты исследований и обсуждение. У кроликов опытной группы при лечении субтилиновой мазью на 3-и сутки после травматического повреждения кожи на гистологических препаратах определялся некроз тканей, захваты-

вающий все слои эпидермиса и сетчатый слой дермальной пластинки (рисунок 1). Некротизированные участки были базофильными темно-синего цвета и не распространялись так глубоко до подкожно-жировой клетчатки, как в контрольной группе. Волосяные влагалища и фолликулы, а также потовые и сальные железы в данном участке вследствие нанесенной травмы были разрушены. Эпидермис с сосочковым слоем дермы в поврежденном участке полностью отсутствовал, вместо него выявлялся относительно толстый слой клеточного и тканевого детрита и склеивающих его фибриновых сгуст-

Рисунок 1

Некроз тканей в поврежденном участке кожи кролика опытной группы на 3-и сутки: некротизированные участки (↑); Э – эпидермис; ВЛ – волосяные луковичи; СП – соединительнотканная пластинка; М – мышечная ткань. Окраска гематоксилином и эозином. Увел. ×40

На 7 сутки опыта уже определялись признаки регенерации эпителиального слоя в травмированном участке кожи. Покрывающий рану струп из некротизированных клеточных и тканевых элементов, пропитанных фибриновым экссудатом, отделялся вследствие пролиферации под него заостренной формы полосы эпителиальных клеток (рисунок 3).

Одновременно на препаратах под новообразованным эпителием хорошо просматривалась широкая зона формирующейся грануляционной ткани (рисунок 4). Причем грануляционная ткань была полноценной. При большом увеличении микроскопа в ней хорошо просматривались характерные для нее новообразованные тонкостенные кровеносные капилляры, идущие вертикально ко дну раны и образующие на поверхности петли (рисунок 5). В окружении аморфной ткани выявлялись очень тонкие извилистые новообразованные коллагеновые волокна, фибробласты, гистциты, единичные лимфоциты, малодифференцированные фибробластоподобные клетки.

На 14-ые сутки струп на поврежденном участке не выявлялся. Рана полностью была по-

ков. Отделяющая демаркационная воспалительная полоса, которая отграничивала зону некроза от подлежащих тканей, была не столь широкой, как в контрольной группе. В более глубоких слоях кожи опытных кроликов определялись признаки умеренного набухания коллагеновых волокон и умеренно выраженной инфильтрации межпучковых пространств клеточными элементами (сегментоядерными лейкоцитами, эозинофильными клетками, макрофагами, лимфоцитами), хотя кровеносные сосуды в глубоких слоях дермы были расширены и кровенаполнены (рисунок 2).

Рисунок 2

Набухание коллагеновых волокон и слабая клеточная инфильтрация глубоких слоев дермы в поврежденном участке кожи кролика опытной группы на 2-ые сутки: некротизированные участки (↑); КВ – коллагеновые волокна. Окраска гематоксилином и эозином. Увел. ×200

крыта не совсем ровным слоем новообразованного эпителиального слоя (рисунок 6). Проллиферирующие эпителиальные клетки местами формировали акантозные вращающиеся в грануляционную ткань, которая несколько уплотнялась, продолжая подвергаться процессам «созревания» в волокнистую соединительную ткань. Волокнистые коллагеновые элементы новообразованной ткани начинали утолщаться, формировать пучки и преобладать над клеточными элементами – фибробластами (рисунок 7). Большинство тонкостенных сосудов в соединительной ткани постепенно редуцировались. Профили оставшихся сосудов хорошо просматривались непосредственно под эпителием в сосочковом слое. Подлежащие ниже ткани были обычного строения, в том числе и подкожно-жировая клетчатка.

На 21-е сутки эксперимента область травматического повреждения у кроликов не слишком изменилась с предыдущего срока эксперимента. Она была полностью покрыта не очень ровным, но довольно широким эпителиальным слоем, лежащим на тонкой базальной мембране (рисунок 8). Эпидермис разделялся на слои (базальный,

шиповатый и роговой). Под ним определялась сформированная соединительнотканная пластинка. При окраске по Ван Гизону на большом увеличении микроскопа хорошо просматривались утолщающиеся в процессе регенерации кожи новообразованные пучки коллагеновых волокон (рисунок 9). В рыхлом сосочковом слое дермы кожи определялось значительное количество мелкокалиберных капилляров. У одного животного сформированная соединительнотканная пластинка кожи была более плотной, а эпителиальный слой был ровным и относительно тонким (рисунок 10). Сосочковый слой не был выраженным. Подлежащие под регенерирующей зоной ткани были обычного строения, содержали восстанавливающиеся волосные луковицы.

На 28 сутки у животных в травмированных участках кожи формировались два вида соединительнотканного регенерата. Первый был

представлен тяжом волокнистой соединительной ткани, состоящей из оформленных тонких пучков коллагеновых волокон, между которыми определялись фибробластические клетки и тонкостенные капилляры (рисунок 11). Второй вид соединительнотканного регенерата по структуре был приближен к норме. Он состоял из сложно переплетающейся сети пучков коллагеновых волокон, по толщине и по структуре почти не отличающихся от окружающей неповрежденной ткани (рисунок 12). К данному сроку не успевали полностью восстановиться только придатки кожи – волосные влагалыща, сальные и потовые железы. В сформировавшихся соединительнотканых регенератах они были единичны, но присутствовали признаки их восстановления по периферии регенерата. Оба вида регенератов были покрыты восстановившимся плоским многослойным роговующим эпителием.

Рисунок 3

Регенерация эпителия в поврежденном участке кожи кролика опытной группы на 7-ые сутки: Э – эпителий; ГрТ – грануляционная ткань; С – струп. Окраска по Ван Гизону. Увел. $\times 200$

Рисунок 4

Поврежденный участок кожи кролика опытной группы на 7-ые сутки: С – струп; Э – эпителий; ГрТ – грануляционная ткань. Окраска по Ван Гизону. Увел. $\times 40$

Рисунок 5

Структура грануляционной ткани в поврежденном участке кожи кролика опытной группы на 7-ые сутки: ГрТ – грануляционная ткань; вертикальные петли новообразованных тонкостенных капилляров ($\uparrow$). Окраска по Ван Гизону. Увел. $\times 200$

Рисунок 6

Поврежденный участок кожи кролика опытной группы на 14-ые сутки: Э – эпителий; ВВ – волосные влагалыща; ГрТ – грануляционная ткань. Окраска гематоксилином и эозином. Увел. $\times 100$

Рисунок 7

Утолщающиеся коллагеновые волокна (↑) в поврежденном участке кожи кролика опытной группы на 14-ые сутки. Окраска по Ван Гизону. Увел. ×200

Рисунок 8

Поврежденный участок кожи кролика опытной группы на 21-ые сутки: Э – эпителий; СП – новообразованная соединительнотканная пластинка. Окраска гематоксилином и эозином. Увел. ×40

Рисунок 9

Поврежденный участок кожи кролика опытной группы на 21-ые сутки: ГрТ – грануляционная ткань; утолщающиеся коллагеновые волокна (↑). Окраска по Ван Гизону. Увел. ×200

Рисунок 10

Поврежденный участок кожи кролика опытной группы на 30-ые сутки: Э – эпидермис; новообразованная соединительная ткань (↑); ВВ – волосяные влагалища; ПЖК – подкожно-жировая клетчатка. Окраска гематоксилином и эозином. Увел. ×40

Рисунок 11

Восстановившийся участок кожи кролика опытной группы на 30-ые сутки: Э – эпидермис; ВВ – волосяные влагалища и луковицы; СП – соединительнотканная пластинка. Окраска по Маллори. Увел. ×40

Рисунок 12

Восстановившийся участок кожи кролика опытной группы на 30-ые сутки: Э – эпидермис; ВВ – волосяные влагалища и луковицы; СП – соединительнотканная пластинка; ПЖК – подкожно-жировая клетчатка. Окраска по Ван Гизону. Увел. ×40

Все характерные слои в эпителии просматривались. Признаков избыточного ороговения

не наблюдалось. Непосредственно под эпителием местами продолжали определяться неболь-

шие участки с признаками продолжающихся восстановительных процессов соединительной

ткани в виде присутствия крупных юных фибробластических клеток (рисунок 13).

Рисунок 13

Юные фибробластические клетки в зоне регенерации соединительной ткани под эпителием в коже кролика опытной группы на 30-ые сутки: Э – эпидермис; юные фибробластические клетки (↑); СП – восстановленная соединительнотканная пластинка. Окраска гематоксилином и эозином. Увел. ×200

Вывод. Проведенные исследования показали, что применение субтилиновой мази для лечения экспериментальных ран кожи у кроликов способствует снятию признаков воспаления, ускоренной полной эпителизации раны на 28

сутки, формированию под эпителием полноценной грануляционной ткани, постепенно созревающей в соединительнотканый регенерат со структурой, приближенной к норме.

Библиографический список

1. Байматов, В.Н. Влияние биостимуляторов на заживление ран у кроликов [Текст] / В.Н. Байматов, Э.К. Абатурова // Ветеринария. 2010. № 1. С. 44–47.
2. Безрук, Е.Л. Морфологическая характеристика процессов репарации гнойных ран у крупного рогатого скота при различных способах лечения [Текст] / Е.Л. Безрук // Вестник КрасГАУ. 2017. № 8. С. 27–30.
3. Гимранов, В.В. Влияние пробиотика «Ветоспорин» на иммунобиологические показатели у бычков [Текст] / В.В. Гимранов, Н.В. Фисенко, Р.Р. Вахитов // Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития АПК. Материалы Международной научно-практической конференции в рамках XXIII Международной специализированной выставки «Агро-Комплекс-2013». 2013. С. 164–166.
4. Гимранов, В.В. Морфологические показатели ран крупного рогатого скота при имплантации монофиламентной сетки [Текст] / В.В. Гимранов, В.П. Люковец // Вестник Башкирского ГАУ. 2014. № 4 (32). С. 23–26.
5. Гимранов, В.В. Влияние ветоспорина и витаминизированной мази на иммунологические показатели бычков до и после кастрации [Текст] / В.В. Гимранов, Н.В. Фисенко, Р.Р. Вахитов // Ветеринария. 2015. № 11. С. 52–54.
6. Журба, В.А. Лечение крупного рогатого скота с дерматитами Гель-этонием 1 % [Текст] / В.А. Журба // Вестник Алтайского ГАУ. 2014. № 5 (115). С. 127–130.
7. Караулов, В.В. Инновационное использование коллагенового препарата «Интерферон-пластина» в комплексном лечении гнойных ран у лошадей [Текст] / В.В. Караулов // Известия Оренбургского ГАУ. 2017. № 3 (27). С. 73–74.
8. Лабкович, А.В. Комплексное лечение коров на молочных комплексах с язвенными поражениями кожи на дистальном участке конечности [Текст] / А.В. Лабкович, В.А. Журба // Вестник Алтайского ГАУ. 2015. № 1 (123). С. 118–122.
9. Лебедева, А.И. Экспериментальное моделирование процесса хронического воспаления и фиброза [Текст] / А.И. Лебедева, С.А. Муслимов, Л.А. Мусина // Биомедицина. 2013. № 4. С. 114–123.
10. Лепехова, С.А. Результаты разработки модели инфицированной кожной раны для изучения свойств новых лекарственных препаратов [Текст] / С.А. Лепехова, Г.Е. Григорьев, Е.В. Коваль, Т.В. Фадеева, О.А. Гольдберг, Л.В. Зарицкая, А.Г. Каргин // Вестник КрасГАУ. 2013. № 9. С. 155–160.
11. Надеин, К.А. Влияние применения геля с трекрезаном при лечении гнойных ран на показатели перекисного окисления липидов [Текст] / К.А. Надеин // Вестник КрасГАУ. 2015. № 1. С. 159–162.
12. Ревякин, И.В. Клинико-морфологическая оценка эффективности применения новых методов лечения кожных ран у животных в сравнительном аспекте [Текст] / И.В. Ревякин, Л.В. Медведева, В.А. Петренко // Вестник Алтайского ГАУ. 2017. № 9 (155). С. 165–170.
13. Савина, И.В. Действие лизатов бацилл на возбудителей гнойно-воспалительных забо-

леваний кожи животных [Текст] / И.В. Савина, Р.М. Нургалиева // Известия Оренбургского ГАУ. 2017. № 5 (67). С. 141–143.

14. Сухнина, И.С. Динамика гематологических показателей крови у телят при лечении гнойных ран препаратом «Ранинон» [Текст] / И.С. Сухнина, В.А. Ермолаев // Известия Оренбургского ГАУ. 2017. № 2 (30). С. 87–88.

15. Файзуллина, Н.З. Клинико-морфологические аспекты регенерации линейных ран в эксперименте [Текст] / Н.З. Файзуллина, А.Н. Валеева, О.И. Шоркина // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. 2014. Т. 218. № 3. С. 293–298.

16. Шнякина, Т.Н. Лечение инфицированной раны у собак в эксперименте [Текст] /

Т.Н. Шнякина, А.М. Билан, Н.П. Щербаков // Вестник Алтайского ГАУ. 2018. № 3 (161). С. 185–189.

17. Шоркина, О.И. Влияние мази Анилкам на раневую процесс у овец [Текст] / О.И. Шоркина, А.Н. Валеева // Ученые записки Казанской ГАВМ им. Н.Э. Баумана. 2009. Т. 197. С. 408–412.

18. Чудов, И.В. Изучение ранозаживляющего действия препаратов нефтяного синтеза [Текст] / И.В. Чудов, А.Ф. Исмагилова, Р.Р. Сафин, С.В. Кузнецов // В сб.: Новые фармакологические средства для животноводства и ветеринарии Мат-лы науч-практ. конф, посвященной 55-летию ГУ Краснодарской НИВС. 2001. С. 172–173.

Сведения об авторах

1. **Гимранов Валиян Валиуллович**, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры морфологии, патологии, фармации и незаразных болезней, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: +7 (347) 228-08-57, e-mail: gim-val@mail.ru.

2. **Гиниятуллин Ильшат Талгатович**, аспирант кафедры морфологии, патологии, фармации незаразных болезней, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, 50-летия Октября, 34.

Изучались морфологические показатели заживления экспериментальных ран у кроликов на фоне применения субтилиновой мази, имеющей пробиотическую основу. Проведенными исследованиями установлено, что через трое суток после нанесения ран на фоне применения субтилиновой мази после травматического повреждения кожи на гистологических препаратах определялся некроз тканей. В глубоких слоях кожи определялись признаки умеренного набухания коллагеновых волокон и выраженной инфильтрации межпучковых пространств клеточными элементами. Поверхность ран покрыта толстым слоем фибрино-тканевого струпа. На 7 сутки отмечается активная регенерация эпителия, прорастающего под струп. Под новообразованным эпителием формируется полноценная грануляционная ткань. На 14 сутки продолжают процессы эпителизации и гранулирования, подвергающиеся процессам «созревания» в волокнистую соединительную ткань. Волокнистые коллагеновые элементы новообразованной ткани начинают утолщаться, формировать пучки и преобладать над клеточными элементами – фибробластами. На 21 сутки при регенерации эпидермис разделялся на слои (базальный, шипова-

тый и роговой). Сформированная соединительнотканная пластинка имеет развитую капиллярную сеть, подлежащие под регенерирующей зоной ткани имеют обычное строение, но содержат восстанавливающиеся волосные луковицы. На 28 сутки в ранах завершилась полная эпителизация и сформировались два вида соединительнотканного регенерата. Первый был представлен тяжом волокнистой соединительной ткани, состоящей из оформленных тонких пучков коллагеновых волокон, между которыми определялись фибробластические клетки и тонкостенные капилляры. Второй вид соединительнотканного регенерата по структуре был приближен к норме. К данному сроку не успевали полностью восстановиться только придатки кожи – волосные влагалища, сальные и потовые железы. Таким образом, применение субтилиновой мази для лечения экспериментальных ран кожи у кроликов способствует снятию признаков воспаления, ускоренной полной эпителизации раны на 28 сутки, формированию под эпителием полноценной грануляционной ткани, постепенно созревающей в соединительнотканый регенерат со структурой, приближенной к норме.

V. Gimranov, I. Giniyatullin

EFFECT OF SUBTILIN OINTMENT ON MORPHOLOGICAL INDICATORS OF WOUND HEALING IN RABBITS

Key words: rabbits; wounds; wound healing; granulation tissue; cells; collagen fibers; regeneration.

1. **Gimranov Valiyan**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Morphology, Pathology, Pharmacy and Non-Infectious Diseases Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: gim-val@mail.ru.

2. **Giniyatullin Ilshat**, Post-graduate student of the Morphology, Pathology, Pharmacy and Non-Infectious Diseases Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34.

The paper studies the effect of applying probiotics based Subtilin ointment on morphological indicators of the experimental wound healing in rabbits. The study showed that 3 days after traumatic skin damage and applying Subtilin ointment tissue necrosis was found on the tissue specimen. Marked cell infiltration in interfascicular spaces and swollen collagen fibers were found deep in the skin. The wound surface was covered with a thick fibrin and tissue crust. On day 7 active regeneration of the epithelium proliferating under the crust was observed. Native granulation tissue formed under the newly formed epithelium. On day 14 epithelization and granulation processes resulted in forming fibrous connective tissue. The fibrous collagen elements of the new tissue thickened, formed bundles and prevailed over the cellular elements, fibroblasts. On day 21 the epidermis formed layers (stratum basale, stratum spinosum and stratum corneum). The connective tissue had a developed capillary network,

tissues under the regenerating area had regular structure but contained regenerating hair follicles. On day 28 epithelization was completed and two types of regenerated connective tissue formed. The first type was fibrous connective tissue made up of thin bundles of collagen fibers where fibroblastic cells and thin-wall capillaries were found. The second type of regenerated connective tissue was similar to regular connective tissue in structure. By that time only appendages of the skin such as hair sheaths sebaceous and sudoriferous glands could not fully regenerate. Thus, application of Subtilin ointment for treating experimental skin wounds in rabbits relieves signs of inflammation, accelerates complete epithelization of the wound on day 28, and forms native granulation tissue under the epithelium that gradually matures to regenerated connective tissue. The structure of the regenerated connective tissue is similar to that of regular connective tissue.

© Гимранов В.В., Гиниятуллин И.Т.

УДК 636.2.082.31.082.22

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-86-90

А.И. Любимов, Е.Н. Мартынова, Е.В. Ачкасова

ОЦЕНКА РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Ключевые слова: быки-производители; селекция; генотип; племенная работа; крупный рогатый скот.

Введение. В условиях современной селекции генетическое улучшение популяции молочного скота на 85–95 % происходит за счет использования быков-производителей [3, 9, 10, 12]. Эффективность селекции определяется степенью улучшающего эффекта используемых производителей. По комплексу признаков отбор быков-производителей имеет огромное значение при совершенствовании крупного рогатого скота [11]. Следовательно, племпредприятиям необходимо оценивать быков не по одному, а по комплексу признаков, в этом случае их оценка будет более объективной, а подбор родитель-

ских пар более результативным [5, 15, 16]. Одним из главных вопросов племенной работы является испытание, оценка быков-производителей, выявление лучших из них с целью дальнейшего широкого использования [1, 2, 13]. В практической деятельности из-за относительно низкой повторяемости результатов оценки приходится фактически заново переоценивать всех быков в конкретных условиях хозяйства [4]. Величина влияния наследственности быков-производителей на показатели молочной продуктивности, экстерьера и конституции коров-дочерей черно-пестрой породы определяется для интен-

сификации селекции породы в конкретных условиях разведения (содержание, кормление, технологии и т. д.) [3, 6, 8, 14].

Цель и задачи исследования – определение и анализ степени реализации генетического потенциала быков-производителей разной селекции.

Условия, материалы и методы исследования. Исследования проводились в ООО «Палэп» Алнашского района Удмуртской Республики. Объектом исследований явилось стадо коров черно-пестрой породы, улучшенной голштинской породой. Анализ происхождения быков-производителей проводился по данным программы «СЕЛЭКС», установленной в ООО «Палэп». В стаде в последние годы использовалось семя чистопородных быков-производителей голштинской породы, рожденных в России и за рубежом. В оценку были включены быки-

производители, имеющие лактирующих дочерей. Цифровой материал обработан биометрически на персональном компьютере с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты исследований. Степень использования генетического потенциала быков-производителей отечественной селекции представлена в таблице 1. Степень реализации генетического потенциала по 1 лактации по удою среди быков-производителей отечественной селекции находится в пределах 55,9–88,8 %, более высокая степень реализации генетического потенциала отмечена по массовой доле жира и белка в молоке и находится в пределах 84,5–122,4 %. По удою большей степенью использования генетического потенциала по первой лактации дочерей обладает бык Эмир 298 – 88,8 %, разница с другими быками составила 4,80–32,9 %.

Таблица 1 Степень использования генетического потенциала быков-производителей отечественной селекции

Кличка и № быка	Продуктивность дочерей (1 лак.)			Продуктивность дочерей (max лак.)		
	по удою, кг	по МДЖ, %	по МДБ, %	по удою, кг	по МДЖ, %	по МДБ, %
Ангел 213	62,7	93,09	122,4	92,9	98,9	100,3
Дюшес 215	63,9	103,3	100,9	65,7	108,5	100,3
Ирсад 4620	84,0	96,6	97,7	92,7	96,6	96,7
Локон 711	66,8	102,6	110,2	86,9	106,1	100,9
Месяц 218	55,9	90,5	100	58,8	93,1	100,3
Орден 14	65,8	95,5	96,04	103,2	91,6	95,4
Полет 1506	42,9	102,6	96,5	65,6	104,4	100,3
Фаворит 6014	73,1	87,7	92,1	108,4	88,4	92,7
Хакер 382	59,2	89,8	94,4	87,9	93,8	94,7
Хан 191	59,3	88,6	84,5	62,0	93,5	85,1
Чародей 1815	55,9	95,3	102,6	70,6	101,9	102,9
Чингиз 962	59,6	95,1	96,8	81,01	98,5	97,8
Эмен 105018721	77,2	97,9	97,7	85,1	97,9	98,7
Эмир 298	88,8	90,8	95,03	123,6	94,6	97,5

Степень реализации генетического потенциала по массовой доле жира в молоке была наибольшей у быка Дюшес 215 – 103,3 %. Степень реализации генетического потенциала по массовой доле белка в молоке колеблется в пределах 84,5–122,4 %. Степень реализации генетического потенциала удоя среди быков-производителей отечественной селекции по наивысшей лактации выше, чем по первой, и составляет 62,0–123,6 %. По массовой доле жира и белка в молоке степень реализации генетического потенциала находится в пределах 85,1–108,5 %. По удою большей степенью использования генетического потенциала обладает бык Эмир 298 – 123,6 %, разница с другими быками составила 15,2–61,6 %. Степень реализации генетического потенциала по массовой доле жира в молоке у

быков находится в следующих пределах: 88,4–108,5 %. Самая низкая степень реализации генетического потенциала отмечена у быка Фаворит 6014 – 88,4 %. Степень реализации генетического потенциала по массовой доле белка в молоке также не равнозначна, так у быка Чародея 1815 она выше на 17,8 %, чем у быка Хан 191. Следует отметить, что наибольшими показателями по использованию генетического потенциала среди быков-производителей отечественной селекции обладают быки Ирсад 4620 и Эмир 298.

Степень использования генетического потенциала быков-производителей зарубежной селекции представлена в таблице 2.

Степень реализации генетического потенциала по 1 лактации по удою быков-производите-

лей зарубежной селекции находится на низком уровне и составляет 38,6–72,8 %. По удою большей степенью использования генетического потенциала обладает бык Патрик 51660096 – 72,8 %, что на 34,2 % больше, чем у быка Бакстерос 105209920. Степень реализации генетического потенциала по массовой доле жира значительно выше, чем по удою, и составляет 88,5–102,8 %. По степени реализации генетического

потенциала по массовой доле жира в молоке на первом месте находится бык Эльсинор-М 1731 – 102,8 %, самая низкая степень реализации генетического потенциала у быка Веро 568. Степень реализации генетического потенциала по массовой доле белка в молоке находится в пределах 88,4–104,2 %, наибольшая – у быка Ж. Кольн-М – 104,2 %, что на 15,8 % больше, чем у быка Алмаз 63367142.

Таблица 2 Степень использования генетического потенциала быков-производителей зарубежной селекции

Кличка и № быка	Продуктивность дочерей (1 лак.)			Продуктивность дочерей (тах лак.)		
	по удою, кг	по МДЖ, %	по МДБ, %	по удою, кг	по МДЖ, %	по МДБ, %
Базл-М 11230448	51,5	96,08	91,7	51,5	93,9	91,1
Бакстерос 105209920	38,6	96,7	98,4	40,9	96,3	97,2
Ж. Кольн-М 11087837	54,7	99,7	104,2	56,2	102,6	102,6
Алмаз 63367142	65,1	89,2	88,4	67,6	92,5	88,1
Брэд 52268834	60,2	94,6	93,6	63,7	98,7	92,7
Патрик 51660096	72,8	88,9	87,08	79,6	89,3	86,2
Форум 69144947	71,1	91,03	88,7	73,6	93,3	87,3
Эллис 7186	55,9	94,5	96,0	66,3	92,6	97,5
Веро 568	63,6	88,5	90,7	71,5	90,8	90,4
Эльсинор-М 1731	53,3	102,8	101,9	60,8	111,08	102,9

Степень реализации генетического потенциала по максимальной лактации в сравнении с первой лактацией по удою повысилась у быков-производителей зарубежной селекции и составляет 40,9–79,6 %. По удою большей степенью использования генетического потенциала обладает бык Патрик 51660096 – 79,6 %, что на 6–38,7 % больше, чем у других быков.

Степень реализации генетического потенциала по массовой доле жира значительно выше, чем по удою, и составляет 89,3–111,08 %. По степени реализации генетического потенциала по массовой доле жира в молоке на первом месте находится бык Эльсинор-М 1731 – 111,08 %, самая низкая степень реализации генетического потенциала у быка Патрик 51660096 – 89,3 %.

Степень реализации генетического потенциала по массовой доле белка в молоке находится в пределах 86,2–102,9 %, наибольшая – у быков Ж. Кольн-М – 102,6 % и Эльсинор-М – 102,9 %, что на 16,4 и на 16,7 % больше, чем у быка Патрик 51660096.

что на 16,4 и на 16,7 % больше, чем у быка Патрик 51660096.

Следовательно, среди быков-производителей зарубежной селекции наибольшее проявление генетического потенциала отмечается у быков Форум 69144947 и Патрик 51660096.

Степень использования генетического потенциала быков-производителей разной селекции представлена в таблице 3.

В целом по удою большей степенью использования генетического потенциала обладают быки-производители отечественной селекции – 84,6 %, что выше, чем у быков зарубежной селекции, на 21,4 %. По степени реализации генетического потенциала по массовой доле жира и белка в молоке на первом месте находится также отечественная селекция – 97,7 % и 97,4 %, разница с зарубежной незначительна и составила 2,6 % и 3,8 %.

Таблица 3 Степень использования генетического потенциала быков-производителей разной селекции по наивысшей лактации

Селекция	Количество быков	По удою, кг	По МДЖ, %	По МДБ, %
Отечественная	14	84,6	97,7	97,4
Зарубежная	10	63,2	95,1	93,6

Вывод. По степени реализации генетического потенциала по удою и по качественным показателям молока в превосходстве оказались животные отечественной селекции. Так, по

удою степень использования генетического потенциала составила 84,6 %, по содержанию жира и белка в молоке – 97,7 % и 97,4 % соответственно.

Библиографический список

1. Астахова, Н.И. Реализация генетического потенциала быков-производителей [Текст] / Н.И. Астахова // Актуальные вопросы инновационного развития агропромышленного комплекса: материалы междунар. научн.-практ. конф. М., 2016. С. 16–18.
2. Батанов, С.Д. Интерьерные особенности животных – как показатель пластичности организма [Текст] / С.Д. Батанов, О.С. Старостина // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (37). С. 31–35.
3. Громова, Т.В. Оценка влияния наследственности быков-производителей на экстерьерно-конституциональные и продуктивные качества коров-дочерей приобского типа черно-пестрой породы [Текст] / Т.В. Громова, А.П. Косарев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 12. С. 158.
4. Зеленков, П.И. Скотоводство [Текст] / П.И. Зеленков, А.И. Баранников. М.: Феникс, 2006. С. 179.
5. Исупова, Ю.В. Влияние происхождения на воспроизводительные и продуктивные качества коров-первотелок [Текст] / Ю.В. Исупова // Производство племенной продукции (материала) по направлениям отечественного племенного животноводства на основе ускоренной селекции: материалы Международной научно-практической конференции, 8–9 февраля 2018 г. Екатеринбург, 2018. С. 118–128.
6. Кислякова, Е.М. Реализация генетического потенциала молочной продуктивности коров в условиях пермского края [Текст] / Е.М. Кислякова, А.А. Ломаева // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. Т. 52. № 3. С. 91–95.
7. Кислякова, Е.М. Применение инновационной кальцийсодержащей добавки в рационах коров и её влияние на переваривание и усвоение питательных веществ [Текст] / Е.М. Кислякова, С.Л. Воробьева // Пермский аграрный вестник. 2018. № 1 (21). С. 116–121.
8. Кислякова, Е.М. Влияние добавок органического хрома на продуктивные и репродуктивные показатели коров черно-пестрой породы [Текст] / Е.М. Кислякова, А.А. Ломаева // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2017. Т. 232. № 4. С. 76–80.
9. Любимов, А.И. Экстерьерные особенности и молочная продуктивность коров черно-пестрой породы разных генераций [Текст] / А.И. Любимов, Е.Н. Мартынова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2018. Т. 233. № 1. С. 98–102.
10. Любимов, А.И. Оценка молочной продуктивности коров новых родственных групп черно-пестрой породы в АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА» [Текст] / А.И. Любимов, Е.Н. Мартынова, Г.В. Азимова // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства. Мат. Междунар. науч.-практ. конф. Ижевск, 2018. С. 69–71.
11. Любимов, А.И. Воспроизводительные качества коров в зависимости от линейной принадлежности и применения различных методов племенного подбора [Текст] / А.И. Любимов, В.М. Юдин, К.П. Никитин // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: вклад молодых ученых-исследователей. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 24–27 октября 2017 года / ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. С. 107–110.
12. Любимов, А.И. Взаимосвязь паратипических признаков с продуктивным долголетием коров чёрно-пёстрой породы [Текст] / А.И. Любимов, А.С. Чукавин, С.Л. Воробьева, В.М. Юдин // Вестник ИЖГСХА. 2017. № 4 (53). С. 42–49.
13. Мартынова, Е.Н. Особенности развития ремонтных телок разных генераций [Текст] / Е.Н. Мартынова, Е.А. Ястребова // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства. Мат. Междунар. науч.-практ. конф. Ижевск, 2018. С. 84–87.
14. Фёдорова, А.Н. Характеристика дочерей быков-производителей по молочной продуктивности в ООО «Палэп» Алнашского района [Текст] / А.Н. Фёдорова // Студенческая наука в реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства. Материалы Всероссийской студенческой научной конференции, посвященной 75-летию Ижевской ГСХА. 20–23 марта 2018 г. Ижевск, 2018.
15. Холодова, Л.В. Комплексная оценка быков-производителей в ОАО «Марийское» по племенной работе [Текст] / Л.В. Холодова, К.С. Новоселова // Вестник Марийского государственного университета: серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2016. № 1 (5). С. 66.
16. Sedykh, T.A. Adapting australian hereford cattle to the conditions of the southern Urals / T.A. Sedykh, R.S. Gizatullin, V.I. Kosilov, I.V. Chudov, A.V. Andreeva, M.G. Giniyatullin, S.G. Islamova, Kh.Kh. Tagirov, L.A. Kalashnikova // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. № 3. P. 885–898.

1. **Любимов Александр Иванович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, УР, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, тел.: +7 (3412) 58-99-48, e-mail: info@izhgsha.ru.
2. **Мартынова Екатерина Николаевна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, УР, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, тел.: +7 (3412) 59-88-11, e-mail: korm@izhgsha.ru.
3. **Ачкасова Елена Валерьевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, УР, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, тел.: +7 (3412) 59-88-11, e-mail: achkasovaeva@gmail.com.

В статье определена оптимальная степень реализации генетического потенциала быков в зависимости от качества маточного поголовья в ООО «Палэп» Алнашского района. Анализ происхождения быков-производителей проводился по данным программы «СЕЛЭКС», установленной на предприятии. В стаде в последние годы использовалось семя чистопородных быков-производителей голштинской породы, рожденных в России и за рубежом. В оценку были включены быки-производители, имеющие лактирующих дочерей. Наибольшими показателями по использованию генетического потенциала среди быков-производителей отечественной

селекции обладают быки Ирсад 4620 и Эмир 298. Среди быков-производителей зарубежной селекции наибольшее проявление генетического потенциала отмечается у быков Форум 69144947 и Патрик 51660096. По удою большей степенью использования генетического потенциала обладают быки-производители отечественной селекции – 84,6 %, что выше, чем у быков зарубежной селекции, на 21,4 %. По степени реализации генетического потенциала массовой доли жира и белка в молоке на первом месте находится также отечественная селекция – 97,7 и 97,4 %, разница с зарубежной незначительна и составляет 2,6 и 3,8 %.

A. Lyubimov, E. Martynova, E. Achkasova

EVALUATION OF THE GENETIC POTENTIAL IN STUD BULLS (CASE OF LLC «PALEP», ALNASHSKY DISTRICT, UDMURT REPUBLIC)

Key words: stud bulls; selection; genotype; stud breeding; cattle.

Authors' personal details

1. **Lyubimov Alexander**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Izhevsk State Agricultural Academy», Udmurt Republic, Izhevsk, Student St., 11, phone: +7 (3412) 58-99-48, e-mail: info@izhgsha.ru.
2. **Martynova Ekaterina**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Izhevsk State Agricultural Academy», Udmurt Republic, Izhevsk, Student St., 11, phone: +7 (3412) 59-88-11, e-mail: korm@izhgsha.ru.
3. **Achkasova Elena**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Izhevsk State Agricultural Academy», Udmurt Republic, Izhevsk, Student St., 11, phone: +7 (3412) 59-88-11, e-mail: achkasovaeva@gmail.com.

The paper determines the optimal degree of the genetic potential in stud bulls, depending on the quality of breeding stock. The study was conducted at LLC «Palep», Alnashsky district. The origin of the stud bulls was analysed based on the data from the CELEX program installed at the enterprise. In recent years, the seed of purebred Holstein stud bulls born in Russia and abroad has been used. The stud bulls that had lactating daughters were assessed. Irsad 4620 and Emir 298 stud bulls showed the highest indices of genetic potential among stud bulls of the Russian selection. Among foreign selec-

tion stud bulls Forum 69144947 and Patrick 51660096 demonstrated highest genetic potential indices. In terms of milk yields the stud bulls of the Russian selection showed a higher index of genetic potential (84,6 %). The figure was by 21,4 % higher than that of the foreign selection stud bulls. In terms of the mass fraction of fat and protein in milk, the Russian selection stud bulls had the genetic potential index of 97,7 % and 97,4 %, respectively; the difference from the foreign selection stud bulls was insignificant and amounted to 2,6 % and 3,8 %, respectively.

© Любимов А.И., Мартынова Е.Н., Ачкасова Е.В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ И ТОКСИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОДУКТОВ УБОЯ ПРИ ФАСЦИОЛЕЗЕ

Ключевые слова: биологическая оценка; токсико-биологические показатели; фасциолез; сравнительная оценка по степени инвазии *Tetrahymena pyriformis*.

Введение. Большое значение для отраслей сельскохозяйственного производства и предприятий по выпуску готовой пищевой продукции животного происхождения имеет обеспечение ветеринарного благополучия животноводства, методы контроля при проведении ветсанэкспертизы продуктов убоя животных, в том числе, имея в виду возможные случаи обнаружения инвазионных заболеваний (в частности, гельминтозов) в технологическом процессе первичной переработки убойного скота. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ежегодно заражается гельминтами около одного миллиарда людей. С каждым годом количество регистрируемых так называемых завозных случаев паразитарных заболеваний, в том числе и гельминтозов, увеличивается. В первую очередь, такая тенденция связана с усилением миграции населения. По современным оценкам ВОЗ, четвертая часть населения Земли (1,4 млрд человек) инфицирована кишечными паразитами, гельминтозы занимают 4-е место по степени ущерба, наносимого здоровью людей (после дисбактериоза, туберкулеза и ишемической болезни сердца). Как известно, среди сельскохозяйственных животных имеет место распространение ряд инвазий, представляющих опасность для человека, в частности трихинеллез, цистицеркоз, эхинококкоз, саркоцистоз, фасциолез, дикроцелиоз, лингватулез, токсоплазмоз, мониезиоз, ценуроз овец, аскаридоз.

Из приведенной информации следует, что инвазионные заболевания всех видов животных и птиц имеют значительное распространение и что заслуживает внимание необходимость решения вопроса по разработке плановых профилактических мероприятий и мер борьбы по устранению этих заболеваний, усилению контроля качества продуктов животного происхождения при производстве и реализации.

Материалы и методы исследований. Пробы печени, инвазированные фасциолой, были получены от районных лабораторий ветеринарно-санитарной экспертизы Тамбовской области (Мучкапский район) и Воронежской области (Мичуринский район).

Токсико-биологические показатели изучали согласно общепринятой методике. Для оценки

токсичности использовали 5-суточную культуру *Tetrahymena pyriformis* (штамм WH₁₄). Сущность метода сводится к определению выживаемости тест-организма (инфузорий) в среде, содержащей испытуемый продукт. Для этого во флакон из-под антибиотиков наливали по 2 мл дистиллированной воды, вносили по 200 мг гомогенизированных образцов мяса и печени от больных животных. Затем во флакон добавляли по 0,1 мл 5-суточной культуры инфузорий тетрахимен, выращенной на пептонной среде. Флаконы встряхивали каждые 10–15 минут для взмучивания содержимого субстрата. Наблюдения за активностью и жизнедеятельностью инфузорий проводили в течение 3 часов с момента начала опыта и через каждый последующий час. Для этого взмучивали содержимое флакона на автоматическом встряхивателе с интервалом 10 секунд, далее брали бактериальной петлей надосадочную жидкость и исследовали под микроскопом со стандартным увеличением в капле на покровном стекле наличие живых клеток, их подвижность, поведенческую реакцию и морфологию. Каждый образец исследовали дважды в трехкратной повторности.

Относительную биологическую ценность (ОБЦ) определяли согласно общепринятой методике. Для этого брали предварительно гомогенизированную навеску образца 200 мг (2,4 мг по азоту), затем добавляли 8 мл среды для анализа со следующим составом (на 100 мл дистиллированной воды): глюкозы – 0,5 г, дрожжевого экстракта – 0,1 г, хлористого натрия – 0,1 г, pH среды 7,0–7,5. Флаконы закрывали резиновой крышкой, помещали в штатив и ставили в кипящую воду на 30 минут для инактивации посторонней микрофлоры. Затем флаконы охлаждали до комнатной температуры и в стерильных условиях вносили 0,05 мл трех- и пятисуточной культуры инфузорий, выращенной на пептонной среде. Штатив с флаконами оставляли при комнатной температуре на трое суток. В течение этого времени флаконы встряхивали 2–3 раза в день.

Спустя 3 суток проводили подсчет выросших клеток в счетной камере Фукса – Розенталя.

Для этого в каждый флакон вносили по капле 5 %-го спиртового раствора йода, содержимое разводили в три раза водопроводной водой, встряхивали. Подсчет осуществляли в 10 квадратах счетной камеры. ОБЦ определяли отношением количества клеток, выросших на исследуемом продукте, к количеству инфузорий, выросших на контрольном продукте, выраженным в процентах. Обработывали результаты эксперимента методами вариационной статистики.

Результаты исследований. Результаты учета ОБЦ печени крупного рогатого скота, инвазированного фасциолой с низкой степенью инвазии (1–2 паразита на печеночный проток), приведены в таблице 1, а с высокой степенью инвазии и петрификацией желчных протоков – в таблице 2. Как видно из таблиц, печень, полученная от животных, инвазированных фасциолой с малой степенью инвазии, не значительно снижает свою биологическую ценность

по сравнению с контролем, а печень с сильной степенью инвазии и петрификацией желчевыводящих протоков – значительно. Данные статистически достоверны ($p \leq 0,05$).

Оценка токсичности мяса и печени от животных, больных фасциолезом с малой степенью инвазии, не выявила существенных отличий в реакции выживаемости инфузорий в контрольных и опытных пробах, однако отмечено незначительное (в рамках статистической погрешности) снижение активности инфузорий. Не обнаружено также отрицательного влияния опытных образцов на морфологические и функциональные показатели. Однако в опыте с большой степенью инвазии наблюдалось токсическое действие, фиксировалась гибель инфузорий, угнетение двигательной активности, отмечено отрицательное влияние опытных образцов печени на морфологические и функциональные показатели инфузорий.

Таблица 1 Результаты учета относительной биологической ценности печени крупного рогатого скота (КРС), инвазированного фасциолой с низкой степенью инвазии

Наименование продукта	Среднее количество инфузорий в 1 мл среды	ОБЦ в % к контролю
Печень КРС	$(33,25 \pm 0,9) \times 10^4$	98,5
Контрольная проба	$(36,42 \pm 0,7) \times 10^4$	100

Таблица 2 Результаты учета относительной биологической ценности печени крупного рогатого скота (КРС), инвазированных фасциолой с высокой степенью инвазии и петрификацией желчных протоков

Наименование продукта	Среднее количество инфузорий в 1 мл среды	ОБЦ в % к контролю
Печень КРС	$(24,25 \pm 4,9) \times 10^4$	63,5
Контрольная проба	$(36,4 \pm 0,7) \times 10^4$	100

Выводы. Методы определения токсичности и биологической ценности на инфузориях *Tetrahymena pyriformis* являются показательными при оценке качества печени крупного рогатого скота, инвазированного фасциолезом. При сильной инвазированности печени с петрификацией желчевыводящих протоков наблюдается токсическое воздействие на тест-микроорганизм *Tetrahymena pyriformis* в связи с нарушением функций печени и накоплением токсических веществ в пораженном органе.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг., раздел 0578.06-2015-0001 «Оценка токсичности продуктов убоя сельскохозяйственных животных при инвазионных заболеваниях». Авторы данной публикации подтверждают отсутствие каких-либо конфликтов интересов.

Библиографический список

1. Костенко, Ю.Г. Руководство по ветеринарно-санитарной экспертизе и гигиене производства мяса и мясных продуктов [Текст] / Ю.Г. Костенко, М.П. Бутко, В.М. Ковбасенко и др. М.: Антиква, 1994. 607 с.
2. Ермолаев, А.П. Частная ветсанэкспертиза продуктов животноводства [Текст] / А.П. Ермолаев, П.В. Житенко, И.Ф. Шуклин и др. Алма-Ата: Кайнар, 1988. 334 с.
3. Горегляд, Х.С. Ветеринарно-санитарная экспертиза с основами технологии переработки продуктов животноводства [Текст] / Х.С. Горегляд, В.А. Макаров, И.Е. Чеботарев и др. М.: Колос, 1981. 583 с.
4. Шишков, В.П. Патологическая анатомия сельскохозяйственных животных [Текст] / В.П. Шишков, Н.А. Налетов, А.В. Жаров и др. М.: Колос, 1989. 440 с.

5. Шур, И.В. Руководство по ветеринарно-санитарной экспертизе и гигиене переработки животных продуктов [Текст] / И.В. Шур. М.: Колос, 1965. 643 с.

6. Макаров, В.А. Ветеринарно-санитарная экспертиза с основами технологии и стандартизации продуктов животноводства [Текст] / В.А. Макаров, В.П. Фролов, Н.Ф. Шуклин. М.: Агропромиздат, 1991. 463 с.

7. Белкин, Б.Л. Патоморфологическая диагностика болезней животных [Текст]: атлас-альбом / Б.Л. Белкин, А.В. Жаров, В.С. Прудников и др. М.: Аквариум Принт, 2013. 232 с.

8. Веревкина, М.Н. Ветеринарно-санитарная экспертиза и бактериологическая оценка туш при эхинококкозе свиней [Электронный ресурс] / М.Н. Веревкина, Е.В. Светлакова, Е.С. Баранова // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14108>.

9. Кузьмичев, В.В. Фасциолез животных в центральном районе Нечерноземья РФ (эпизоотология, динамика формирования микропаразитоценозов, патогенез, лечение) [Текст]: автореф. дис. ... д-ра вет. наук / В.В. Кузьмичев. Уфа, 1997. 40 с.

10. Позняковский, В.М. Экспертиза мяса и мясопродуктов, качество и безопасность [Текст]

/ В.М. Позняковский. Новосибирск: Сибун. изд-во, 2007. 528 с.

11. Кокуричев, П.И. Патологическая анатомия сельскохозяйственных животных [Текст] П.И. Кокуричев, Б.Г. Домнин, М.П. Кокуричева. СПб.: Агропромиздат, 1998. 212 с.

12. Автоматизированный метод определения токсичности продуктов животноводства, кормов и объектов окружающей среды [Текст]: методические рекомендации. М.: РАСХН, 2006.

13. Методические указания по использованию инфузорий *Tetrahymena pyriformis* в качестве тест-культуры в приборе «Биотестер-2» [Текст] // Департамент ветеринарии МСХ РФ. 2000. № 13-7-2/2157.

14. Методические указания по ускоренному определению токсичности продуктов животноводства и кормов [Текст]. Департамент ветеринарии МСХ РФ. 2000. № 13-7-2/2156.

15. Методические рекомендации для использования экспресс-метода биологической оценки продуктов и кормов [Текст]. М.: ВАСХНИЛ, 1990.

16. Методические рекомендации по проведению автоматизированного биотестирования безопасности кормов на инфузориях *Paramecium caudatum* с помощью устройства «БиоЛаТ» [Текст]. М.: РАСХН, 2005.

Сведения об авторах

1. **Попов Петр Александрович**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории ветеринарно-санитарной экспертизы Всероссийского научно-исследовательского института ветеринарной санитарии, гигиены и экологии – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук» (ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), 123022, г. Москва, Звенигородское шоссе, д. 5, e-mail: vniivshe-mp@mail.ru.

2. **Осипова Ирина Сергеевна**, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории ветеринарно-санитарной экспертизы Всероссийского научно-исследовательского института ветеринарной санитарии, гигиены и экологии – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук» (ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), 123022, г. Москва, Звенигородское шоссе, д. 5, e-mail: vniivshe-mp@mail.ru.

Среди гельминтозных заболеваний наибольшее распространение на территории Российской Федерации, особенно в центральном федеральном округе, приобрел фасциолез. В связи с вольным выпасом вблизи водоемов в весенне-летнее время число случаев заболевания увеличивается, однако фасциолез может носить хронический характер, генерализируясь в протоках желчевыводящих путей, разрушая функции печени. В статье в сравнительном аспекте по степени инвазии представлены результаты лабора-

торных опытов по определению биологической ценности и возможной токсичности печени, инвазированной фасциолой, экспресс-методом оценки токсико-биологических показателей с использованием тест-культуры *Tetrahymena pyriformis* (штамм WH₁₄). В лабораторных опытах на тест-организмах инфузориях установлено, что при высокой степени инвазии в печени крупнорогатого скота происходят накопления веществ, оказывающих негативное воздействие на *Tetrahymena pyriformis*.

DETERMINATION OF THE BIOLOGICAL VALUE AND TOXICO-BIOLOGICAL PARAMETERS OF THE PRODUCTS OF SLAUGHTER IN FASCIOLIASIS

Key words: *biological assessment; toxico-biological parameters; fascioliasis; comparative assessment of the degree of invasion of Tetrachimene pyrimiformis.*

Authors' personal details

1. **Popov Petr**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Veterinary Sanitary Expertise of the All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology – a branch of the Federal Scientific Center – All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K. Scriabin and Ya. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences, 123022, Moscow, Zvenigorodskoye Shosse, 5, e-mail: vniivshe-mp@mail.ru.

2. **Osipova Irina**, Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Veterinary Sanitary Expertise of the All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology – a branch of the Federal Scientific Center – All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K. Scriabin and Ya. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences, 123022, Moscow, Zvenigorodskoye Shosse, 5, e-mail: vniivshe-mp@mail.ru.

Among helminth infections, fascioliasis is most prevalent in the Russian Federation, especially in the Central Federal district. In connection with free grazing near water bodies in spring and summer, the number of cases increases, however, fascioliasis may be chronic in nature, generalizing in the ducts of the biliary tract, destroying the liver. In a comparative aspect, the degree of invasion presents the results of laboratory experiments to determine the

biological value and possible liver toxicity by an invasive fasciola using the express method for assessing toxico-biological parameters using the Tetrachimene pyrimiformis test culture (strain WH₁₄). In laboratory experiments, it was established on test organisms in ciliates that with a high degree of invasion in the liver of cattle, accumulations of substances that negatively affect Terakhin occur.

© Попов П.А., Осипова И.С.

УДК 636.2

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-94-100

Р.Ш. Фахрутдинова, И.А. Афонина, А.В. Гааг, О.А. Кинсфатор, Ю.В. Чудинова

ОСОБЕННОСТИ РОСТА, РАЗВИТИЯ БЫЧКОВ ПОРОДЫ ГАЛЛОВЕЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Ключевые слова: *галловейская порода; бычки; живая масса; среднесуточный прирост; экстерьер.*

Введение. Увеличение производства говядины является одной из наиболее важных и сложных задач аграрной науки и практики. Российская особенность в производстве говядины в настоящее время заключается в том, что потребность в этом виде мяса на 97 % обеспечивается за счет откормочного контингента молодняка и выбракованных коров молочного стада. Спад численности крупного рогатого скота с 57,0 млн голов в 1990 г. до 20,0 млн в 2010 г. привел к снижению производства говядины с 4,3 до

1,7 млн т. Говядина – единственный из всех видов мяса, объемы производства которого практически не растут, а доля импорта от отечественного ее производства составляет более 40 %. Сокращение поголовья молочных коров не сопровождалось объективно необходимым для сохранения откормочного контингента увеличением численности мясного скота.

Прогнозируется, что при существующей численности молочного скота без развития специализированного мясного скотоводства Россия

будет оставаться страной, импортирующей этот вид мяса. Роль мясного скотоводства как источника производства высококачественного «мраморного мяса» по мере роста благосостояния россиян будет возрастать. Предпосылками для его развития являются огромные (70 млн га) естественные кормовые угодья, более 25 млн га неиспользуемой пашни, апробированная малозатратная интенсивно-пастбищная технология мясного скотоводства, обнадеживающие сдвиги по созданию его племенной базы [1, 2].

По поручению президента РФ Д.А. Медведева в ходе заседания Президиума Государственного Совета от 13 июля 2010 г. было принято постановление «О мерах по ускоренному развитию мясного животноводства как приоритетного направления обеспечения продовольственной безопасности России». На его основе Минсельхоз РФ разработало проект «Стратегия развития мясного животноводства в РФ до 2020 г.». Стратегия развития мясного животноводства предусматривает увеличение отечественного производства мяса крупного рогатого скота в убойной массе с 1,7 млн т в 2010 г. до 2,0 млн т к 2020 г., в расчете на душу населения – с 12,0 до 14,1 кг, снижение объемов импорта до 500 тыс. т [3]. Предполагается, что сохраняющийся в стране дефицит говядины отечественного производства, недостаточный уровень ее потребления можно устранить за счет откормочного контингента молочного стада, при этом как минимум до 20 % увеличив долю специализированного мясного скотоводства [4, 5]. Дальнейшее развитие мясной отрасли предполагается совершенствовать на основании кооперации крупных и мелких хозяйств, разработанной совместно с Национальным союзом производителей говядины России, направленной на развитие сельских территорий, вовлечение в оборот неиспользуемых сельхозугодий, наращивание поголовья крупного рогатого скота и обеспечение региона высококачественной говядиной за счет постоянного улучшения породных качеств отечественных пород и завозимого скота из-за рубежа [6–9], создание прочной кормовой базы для организации полноценного кормления скота с рождения до взрослого состояния [10–15].

В связи с этим для разрешения проблем производства говядины и расширения генофонда имеющегося мясного скота в Томскую область был завезён специализированный мясной скот породы галловей, что обусловило необходимость проведения всесторонних научных исследований хозяйственно-биологических особенностей и продуктивных качеств импортных животных в местных почвенно-климатических условиях.

Цель работы – изучить биологические особенности и продуктивные качества молодняка галловейской породы в условиях Томской области.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования являлись бычки породы галловей (чистопородные) в возрасте 12 мес, которые были доставлены из ООО «Агро-Стандарт» Алтайского района Алтайского края и распределены в сельскохозяйственные предприятия Томской области.

Экспериментальная часть работы проводилась в сельскохозяйственных предприятиях: ООО «Спас» Томского района, К(Ф)Х «Летяжье» Кожевниковского района, К(Ф)Х «Плют» Молчановского района и К(Ф)Х «Синицын» Колпашевского района, расположенных в разных почвенно-климатических зонах Томской области.

Средняя постановочная масса составила 316,2 кг, продолжительность опыта составила 210 дней.

Все бычки, отобранные для научного исследования, имели среднюю упитанность и были клинически здоровыми. Животных содержали по технологии, принятой в мясном скотоводстве.

Содержание и кормление бычков осуществлялось на открытых площадках под навесом, в морозные дни или непогоду животные находились в помещениях легкого типа. Дня обеспечения скота водой использовались групповые поилки типа АГК-4 с электроподогревом воды в зимний период.

Рационы животных во всех случаях соответствовали детализированным нормам РАСХН в соответствии с живой массой. Общая питательность рационов животных была примерно одинаковой. Объем кормов по мере роста животных увеличивали, но общая структура рациона оставалась без изменений.

Источниками зеленого корма в хозяйствах были естественные и культурные пастбища.

Контроль за ростом молодняка осуществляли путем индивидуального ежемесячного взвешивания до утреннего кормления, по результатам которого рассчитывали общий прирост живой массы и среднесуточные приросты.

Линейный рост и особенности телосложения изучали, измеряя молодняка в 15 мес. Снимались следующие промеры: высота в холке и крестце, глубина и обхват груди за лопатками, косая длина туловища, обхват пясти. Промеры брали по общепринятым методам. На основании полученных промеров были вычислены индексы телосложения: длинноногости, растянутости, сбитости, перерослости, костистости, массивности.

Для определения племенной ценности бычков была проведена бонитировка по программе «Селэкс». Мясной скот» фирмы «Плино». Бычки оценивались по интенсивности роста, живой массе, мясным формам в 15-месячном возрасте, выраженности типа телосложения, по промерам высоты в крестце и оценке экстерьера, затратам корма на 1 кг прироста живой массы.

Полученные экспериментальные данные были обработаны при использовании методов вариационной статистики Н.А. Плохинского (1970) с применением компьютерной программы Microsoft Office Excel 2010.

Результаты исследований и их обсуждение. Все виды кормов были заготовлены в условиях хозяйства. Суточный рацион состоял из следующих видов корма: сено, сенаж, корнеклубнеплоды, смесь дробленого зерна (овес, ячмень, пшеница в равных весовых пропорциях). В качестве минеральной подкормки бычки получали кормовую соль.

По данным исследований, затраты кормовых единиц на 1 кг прироста живой массы бычков были более низкими в К(Ф)Х «Плут» (7,73), в ООО «Спас» этот показатель был выше на 0,87, в К(Ф)Х «Летяжье» и К(Ф)Х Синицын (при одинаковом уровне) – на 1,27 соответственно (таблица 1). Животный организм со всеми его

свойствами и хозяйственно полезными качествами формируется как на наследственной основе, так и в процессе индивидуального роста и развития, где существенную роль играет внешняя среда. Различный уровень питания растущих животных оказывает большое влияние на рост скелета, мышечной ткани и внутренних органов. Это приводит в итоге к формированию животных с различными размерами тела.

Общеизвестно, что одним из показателей объективной оценки роста животного является живая масса. В возрасте 15 месяцев превосходство по живой массе у племенных бычков в К(Ф)Х «Летяжье» по сравнению с животными ООО «Спас» Томского района составило 14 кг ($P \leq 0,01$), или 3,53 %, К(Ф)Х «Плут» – 63 кг ($P \leq 0,01$), или 15,87 % и К(Ф)Х «Синицын» – 27 кг ($P \leq 0,01$), или 6,81 %. Эта закономерность отмечалась и в следующий возрастной период. К концу опыта (19 месяцев) они превосходили сверстников из ООО «Спас» на 14 кг ($P \leq 0,05$), или 2,9 %, К(Ф)Х «Синицын» на 18 кг ($P \leq 0,05$), или 3,7 %, а животных предприятий К(Ф)Х «Плут» – на 83 кг ($P \leq 0,05$), или 17,2 %.

Таким образом, благоприятные условия содержания и кормления способствовали достижению более высокой живой массы бычками К(Ф)Х «Летяжье» (таблица 2).

Таблица 1 Затраты кормов за период опыта

Вид кормов	Суточная дача, кг	Период опыта, дней	Кормовых единиц в 1 кг корма	Общее количество кормовых единиц	Прирост живой массы, кг	Затраты кормовых единиц на 1 кг прироста
ООО «Спас»						
Сено	2,5	134	0,44	147,40	134,0	1,10
Сенаж (злаковых трав)	13,0	134	0,18	313,56	134,0	2,34
Концентраты	1,0	210	1,15	241,5	134,0	1,80
Пастбищная трава	37,0	76	0,16	449,92	134,0	3,36
Итого	–	210	–	1152,38	134,0	8,60
К(Ф)Х «Летяжье»						
Сено (тим-ка, клевер)	2,5	134	0,45	150,75	168,0	0,89
Сенаж (тим-ка, клевер)	16,0	134	0,25	536,00	168,0	3,19
Концентраты	1,0	210	1,15	241,50	168,0	1,44
Пастбищная трава	29,0	76	0,25	583,75	168,0	3,47
Итого	–	210	–	1512,00	168,0	9,00
К(Ф)Х «Плут»						
Сено (тим-ка, клевер)	2,0	134	0,43	115,24	79,0	1,46
Концентраты	0,5	134	1,15	77,05	79,0	0,98
Пастбищная трава	27,0	76	0,16	328,32	79,0	4,16
Корнеклубнеплоды	9,0	76	0,13	88,92	79,0	1,13
Итого	–	210	–	614,41	79,0	7,73
К(Ф)Х «Синицын»						
Сено (тим-ка, клевер)	2,5	134	0,45	150,75	161,0	0,94
Сенаж (тим-ка, клевер)	16,0	134	0,25	536,00	161,0	3,33
Концентраты	1,0	210	1,15	241,5	161,0	1,50
Пастбищная трава	27,0	76	0,25	520,75	161,0	3,23
Итого	–	210	–	1449,00	161,0	9,00

В результате проведенных исследований было установлено, что несмотря на сравнительно хорошее развитие всех подопытных животных, наиболее высокие показатели промеров были отмечены у племенных бычков К(Ф)Х «Летяжье». Так, бычки этой группы превосходили сверстников ООО «Спас» по глубине груди на 1,9 см ($P \leq 0,05$), или 2,93 %, К(Ф)Х «Плют» – на 5,1 см ($P \leq 0,05$), или 7,9 %, К(Ф)Х «Синицын» – на 1,0 см ($P \leq 0,01$), или 1,5 %; по обхвату груди за лопатками – на 4,0 см ($P \leq 0,01$) или 2,23 %, на 25,0 ($P \leq 0,01$) см, или 13,97 %, на 19,0 см ($P \leq 0,01$), или 10,61 % соответственно (таблица 3).

Наиболее интенсивный рост бычков К(Ф)Х «Летяжье» способствовал формированию у них более хорошего телосложения с улучшением показателей, характеризующих мясные формы. Так, эти животные превосходили сверстников из ООО «Спас», К(Ф)Х «Плют» и К(Ф)Х «Сини-

цын» по индексу массивности соответственно на 10,59 ($P \leq 0,01$); 12,40 ($P \leq 0,01$) и 0,14 % ($P \leq 0,01$). Но следует отметить, что по индексу сбитости лучшими оказались животные из К(Ф)Х «Синицын» по сравнению с бычками из ООО «Спас», К(Ф)Х «Летяжье» и К(Ф)Х «Плют» на 1,64 ($P \leq 0,05$); 3,48 ($P \leq 0,05$) и 5,98 % ($P \leq 0,05$) соответственно.

Однако в целом племенные бычки всех предприятий имеют гармоничное, крепкое телосложение. Это говорит о том, что в отличие от живой массы, стати экстерьера хотя и находятся в зависимости от условий кормления, являются преимущественно породными признаками (таблица 4).

В результате бонитировки к классу элита-рекорд были отнесены племенные бычки К(Ф)Х «Летяжье» и ООО «Спас»; животные К(Ф)Х «Синицын» и К(Ф)Х «Плют» – к классу элита (таблица 5).

Таблица 2 Динамика живой массы племенных бычков породы галловей в сельскохозяйственных предприятиях Томской области

Возраст, мес	ООО «Спас»	К(Ф)Х «Летяжье»	К(Ф)Х «Плют»	К(Ф)Х «Синицын»
12	335 ± 6,2	315 ± 5,9	321	304 ± 5,3
15	383 ± 6,5	397 ± 5,9	334 ± 5,0	370 ± 5,4
18	457 ± 5,2	470 ± 5,7	377 ± 5,2	429 ± 5,0
19	469 ± 5,1	483 ± 2,5	400 ± 1,6	465 ± 1,7

Примечание. Здесь и далее: $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$.

Таблица 3 Промеры статей племенных бычков породы в возрасте 15 мес

Показатель	ООО «Спас»	К(Ф)Х «Летяжье»	К(Ф)Х «Плют»	К(Ф)Х «Синицын»
Высота в холке, см	122,0 ± 2,1	120,7 ± 2,5	119,0 ± 5,1	118,0 ± 4,3
Высота в крестце, см	120,5 ± 1,6	139,0 ± 2,6	123,0 ± 6,2	124,0 ± 4,5
Обхват груди за лопатками, см	175,0 ± 2	179,0 ± 2,9	154,0 ± 6,5	160,0 ± 4,2
Глубина в груди, см	63,0 ± 1,7	64,9 ± 3,5	59,8 ± 2,1	63,9 ± 4,3
Косая длина туловища, см	150,02 ± 2,0	158,0 ± 5,1	139,0 ± 4,2	155,0 ± 6,9
Обхват пясти, см	15,2 ± 0,1	15,0 ± 1,2	13,2 ± 2,1	15,1 ± 1,2

Таблица 4 Индексы телосложения племенных бычков в возрасте 15 мес

Индекс	ООО «Спас»	К(Ф)Х «Летяжье»	К(Ф)Х «Плют»	К(Ф)Х «Синицын»
Растянутости	124,59 ± 2,90	124,41 ± 2,20	116,81 ± 3,50	131,36 ± 4,20
Сбитости	115,13 ± 3,10	113,29 ± 3,10	110,79 ± 3,00	116,77 ± 3,10
Перерослости	101,63 ± 2,40	109,45 ± 3,20	103,36 ± 2,10	105,08 ± 4,20
Костистости	12,46 ± 0,90	11,82 ± 0,90	11,09 ± 0,70	12,63 ± 0,60
Массивности	152,92 ± 2,80	163,51 ± 2,70	151,11 ± 2,00	163,37 ± 2,10
Длинноногости	48,36 ± 1,20	48,89 ± 1,10	49,74 ± 2,40	45,85 ± 1,20

Таблица 5 Результат бонитировки племенных бычков галловейской породы в предприятиях Томской области

Наименование	Инд. номер	Сумма баллов	Класс
ООО «Спас», Томский район	6105	95	Элита-рекорд
	6109	95	Элита-рекорд
	6055	95	Элита-рекорд
К(Ф)Х «Летяжье», Кожевниковский район	6083	95	Элита-рекорд
	6085	95	Элита-рекорд
	6041	80	Элита
К(Ф)Х «Плют», Молчановский район	6075	80	Элита
	6001	88	Элита
К(Ф)Х «Синицын», Колпашевский район	6035	85	Элита

Выводы. Результаты исследований свидетельствуют, что затраты кормовых единиц на 1 кг прироста живой массы бычков были более низкими в К(Ф)Х «Плут» (7,73). Установлено, что к концу опыта бычки К(Ф)Х «Летяжье» превосходили сверстников из ООО «Спас» на 14 кг ($P \leq 0,05$), или 2,9 %, К(Ф)Х «Синицын» на 18 кг ($P \leq 0,05$), или 3,7 %, а животных предприятий К(Ф)Х «Плут» – на 83 кг ($P \leq 0,05$), или 17,2 %. Также было отмечено превосходство животных К(Ф)Х «Летяжье» над сверстниками из ООО «Спас» по глубине груди на 1,9 см ($P \leq 0,05$), или 2,93 %, К(Ф)Х «Плут» – на 5,1 см ($P \leq 0,05$), или

7,9 %, К(Ф)Х «Синицын» – на 1,0 см ($P \leq 0,01$), или 1,5 %, а по обхвату груди за лопатками – на 4,0 см ($P \leq 0,01$) или 2,23 %, на 25,0 ($P \leq 0,01$) см, или 13,97 %, на 19,0 см ($P \leq 0,01$), или 10,61 % соответственно. Наиболее интенсивный рост бычков К(Ф)Х «Летяжье» способствовал формированию у них более хорошего телосложения с улучшением показателей, характеризующих мясные формы. Так, эти животные превосходили индекс массивности сверстников из ООО «Спас» на 10,59 ($P \leq 0,01$), К(Ф)Х «Плут» – на 12,40 ($P \leq 0,01$) и К(Ф)Х «Синицын» – на 0,14 ($P \leq 0,01$).

Библиографический список

1. Амерханов, Х.А. Проект концепции устойчивого развития мясного скотоводства в Российской Федерации на период до 2030 года [Текст] / Х.А. Амерханов, С.А. Мирошников, Р.В. Костюк, И.М. Дунин, Г.П. Легошин // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 1. С. 7–12.
2. Дунин, И. Перспективы и риски развития мясного скотоводства в Российской Федерации [Текст] / И. Дунин, А. Кочетков // Молочное и мясное скотоводство. 2013. № 6. С. 2–5.
3. Фахрутдинова, Р.Ш. Исследование биологических особенностей и продуктивных качеств галловейской породы крупного рогатого скота мясного направления продуктивности в условиях Томской области [Текст]: монография / Р.Ш. Фахрутдинова, И.А. Афонина, Ю.В. Чудинова, А.В. Гааг, О.А. Кинсфатор. Новосибирск: Золотой колос, 2018. 102 с.
4. Гизатуллин, Р.С. Организация производства говядины при различных технологиях содержания мясного скота [Текст]: практическое руководство / Р.С. Гизатуллин, Ф.С. Хазиахметов, Т.А. Седых, Р.М. Мударисов, Р.Г. Халиуллин. Уфа, 2014. 39 с.
5. Тагиров, Х.Х. Факторы, влияющие на мясную продуктивность молодняка крупного рогатого скота [Текст] / Х.Х. Тагиров, Н.В. Гизатова // Вестник мясного скотоводства. 2009. Т. 2. № 62. С. 164–171.
6. Седых, Т.А. Влияние полиморфизма гена гормона роста (GH) на развитие мышечной и жировой тканей у молодняка мясного скота [Текст] / Т.А. Седых, Л.А. Калашникова, Р.С. Гизатуллин // Морфология. 2019. Т. 155. № 2. С. 252–253.
7. Седых, Т.А. Развитие мышечной и жировой тканей в онтогенезе у бычков герефордской породы [Текст] / Т.А. Седых, Р.С. Гизатуллин, Л.А. Калашникова // Морфология. 2019. Т. 155. № 2. С. 252–253.
8. Юсупов, Р.С. Влияние голштинизации на продуктивность коров и экологическую безопасность продукции [Текст] / Р.С. Юсупов, Х.Х. Тагиров, Э.М. Андриянова // Молочное и мясное скотоводство. 2008. № 6. С. 19–20.
9. Sedykh T.A., Gizatullin R.S., Kosilov V.I., Chudov I.V., Andreeva A.V., Giniyatullin M.G., Islamova S.G., Tagirov Kh. Kh., Kalashnikova L.A. Adapting Australian hereford cattle to the conditions of the Southern Urals. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Т. 9. № 3. С. 885–898.
10. Тагиров, Х.Х. Продуктивные качества чистопородных и помесных бычков [Текст] / Х.Х. Тагиров, Р.Ш. Давлетов, Р.Р. Шакиров // Молочное и мясное скотоводство. 2007. № 3. С. 31–32.
11. Фаритов, Т.А. Создание кормовой базы и кормление крупного рогатого скота в условиях реализации национального проекта «Развитие АПК» [Текст]: научно-практические рекомендации / Т.А. Фаритов, Ф.С. Хазиахметов, Х.Х. Галин, М.М. Хамидуллин, З.Т. Насретдинова. Уфа, 2007. 52 с.
12. Khaziakhmetov F., Khabirov A., Rebezov M., Basharov A., Ziangulov I., Okuskhanova E. Influence of probiotics «Stimix Zoostim» on the microflora of faeces, hematological indicators and intensity of growth of calves of the dairy period. International Journal of Veterinary Science. 2018. Т. 7. № 4. С. 178–181.
13. Хазиахметов, Ф.С. Рациональное кормление животных [Текст] // Ф.С. Хазиахметов. Санкт-Петербург, 2019. 364 с.
14. Хазиахметов, Ф.С. Диетические корма, ароматические и вкусовые добавки при выращи-

вании молодняка сельскохозяйственных животных [Текст] / Ф.С. Хазиахметов, Б.Г. Шарифьянов, Р.Р. Гадиев, Х.Х. Тагиров, К.К. Сахибгареев, А.Н. Терегулов, А.А. Кузнецов, Д.П. Опарин, В.М. Ханнанов, З.З. Худайгулова, А.Г. Мусин. Уфа, 2006. 36 с.

15. Tagirov Kh.Kh., Gubaidullin N.M., Fakhrutdinov I.R., Khaziakhmetov F.S., Avzalov R.Kh.,

Mironova I.V., Iskhakov R.S., Zubairova L.A., Khabirov A.F., Gizatova N.V. Carcass quality and yield attributes of bull calves fed on fodder concentrate «Zolotoi Felutsen». Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. T. 13. № S8. С. 6597–6603.

Сведения об авторах

1. **Фахрутдинова Раиса Шакирьяновна**, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, кафедра охотоведения и зоотехнии, Томский сельскохозяйственный институт – филиал ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, 634050, г. Томск, ул. К. Маркса, 19, тел.: +7 (3822) 51-57-05, e-mail: zootehnik_tshi@mail.ru.

2. **Афонина Ирина Анатольевна**, доцент, кандидат биологических наук, кафедра охотоведения и зоотехнии, Томский сельскохозяйственный институт – филиал ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, 634050, г. Томск, ул. К. Маркса, 19, тел.: +7 (3822) 51-57-05, e-mail: afonina_ia@mail.ru.

3. **Гааг Андрей Викторович**, кандидат экономических наук, доцент, директор, заведующий кафедрой охотоведения и зоотехнии, Томский сельскохозяйственный институт – филиал ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, 634050, г. Томск, ул. К. Маркса, 19, тел.: +7 (3822) 51-57-05, e-mail: gaag85@mail.ru.

4. **Кинсфатор Ольга Александровна**, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, кафедра охотоведения и зоотехнии, Томский сельскохозяйственный институт – филиал ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, 634050, г. Томск, ул. К. Маркса, 19, тел.: +7 (3822) 51-57-05, e-mail: koa1975@sibmail.com.

5. **Чудинова Юлия Валерьевна**, заместитель директора по научной работе, профессор, доктор биологических наук, доцент, кафедра агрономии и технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Томский сельскохозяйственный институт – филиал ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, e-mail: nauka_tshi@mail.ru.

В сравнительном аспекте изучены показатели уровня живой массы, экстерьера племенных бычков породы галловей. Во все периоды роста животные К(Ф)Х «Летяжье» опережали сверстников из других предприятий по живой массе, превосходство их отмечалось также по экстерьерным параметрам. К концу опыта бычки К(Ф)Х «Летяжье» превосходили сверстников из ООО «Спас» на 14 кг ($P \leq 0,05$), или 2,9 %, К(Ф)Х «Синицын» – на 18 кг ($P \leq 0,05$),

или 3,7 %, а животных предприятий К(Ф)Х «Плют» – на 83 кг ($P \leq 0,05$), или 17,2 %. Глубина груди бычков К(Ф)Х «Летяжье» была больше, чем у животных ООО «Спас», на 1,9 см ($P \leq 0,05$), или 2,93 %, К(Ф)Х «Плют» – на 5,1 см ($P \leq 0,05$), или 7,9 %, К(Ф)Х «Синицын» – на 1,0 см ($P \leq 0,01$), или 1,5 %; по обхвату груди за лопатками – на 4,0 см ($P \leq 0,01$) или 2,23 %, на 25,0 ($P \leq 0,01$) см, или 13,97 %, на 19,0 см ($P \leq 0,01$), или 10,61 % соответственно.

R. Fakhrutdinova, I. Afonina, A. Haag, O. Kinsfator, U. Chudinova

FEATURES OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF BULLS OF GALLOWAY BREEDS IN ECOLOGICAL CONDITIONS OF THE TOMSK REGION

Key words: *Galloway breed; bull-calf; live weight; average daily gain; exterior.*

Authors' personal details

1. **Fakhrutdinova Raisa**, Candidate of Agricultural Sciences, Tomsky Agricultural Institute – branch of Novosibirsk State Agrarian University, Tomsk, Russia, tel.: +7 (3822) 51-57-05, e-mail: zootehnik_tshi@mail.ru.

2. **Afonina Irina**, Candidate of Biological Sciences, Tomsky Agricultural Institute – branch of Novosibirsk State Agrarian University, Tomsk, Russia, tel.: +7 (3822) 51-57-05, e-mail: afonina_ia@mail.ru.

3. **Haag Andrei**, Ph. D., associate professor, Tomsky Agricultural Institute – branch of Novosibirsk State Agrarian University, Tomsk, Russia, tel.: +7 (3822) 51-57-05, e-mail: gaag85@mail.ru.

4. **Kinsfaktor Olga**, Candidate of Agricultural Sciences, Tomsky Agricultural Institute – branch of Novosibirsk State Agrarian University, Tomsk, Russia, tel.: +7 (3822) 51-57-05, e-mail: koa1975@sibmail.com.

5. **Chudinova Uliya**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Tomsky Agricultural Institute – branch of Novosibirsk State Agrarian University; Tomsk, Russia, e-mail: zootechnik_tshi@mail.ru.

In a comparative aspect, the indicators of the level of live weight, the exterior of the breeding bull calves of the Galloway breed were studied. In all periods of growth, animals K(F)X «Letyazhye» were ahead of their peers from other enterprises in terms of live weight, their superiority was also noted in exterior parameters. Towards the end of the experiment, the bulls K(F)X «Letyazhye» outperformed their peers from ООО «Spas» by 14 kg ($P \leq 0,05$), or 2,9 %, K(F)X «Sinitsyn» by 18 kg ($P \leq$

0,05), or 3,7 %, and the animals of enterprises K(F)X «Dodger» – by 83 kg ($P \leq 0,05$), or 17,2 %. The depth of the chest of the bulls K(F)X «Letyazhye» was greater than that of the animals of ООО «Spas» – 1,9 cm ($P \leq 0,05$), or 2,93 %, K(F)X «Dodger» – by 5,1 cm ($P \leq 0,05$), or 7,9 %, K(F)X «Sinitsyn» – by 1,0 cm ($P \leq 0,01$), or 1,5 %; chest girth behind the shoulder blades – 4,0 cm ($P \leq 0,01$) or 2,23 %, 25,0 ($P \leq 0,01$) cm, or 13,97 %, 19,0 cm ($P \leq 0,01$), or 10,61 % respectively.

© Фахрутдинова Р.Ш., Афонина И.А., Гаг А.В., Кинсфатор О.А., Чудинова Ю.В.

УДК 621.321

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-100-105

Р.Р. Галиуллин, Р.С. Аипов, Р.Б. Яруллин

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Ключевые слова: сооружения защищённого грунта; натриевые лампы высокого давления; светодиодные светильники; облучательная установка; спектральный состав; вегетационный цикл; дифференциальная и интегральная энергоёмкости; биомасса; весовой коэффициент; эффективность.

Введение. В районах с холодным и умеренным климатом естественные условия позволяют выращивать растения и получать растениеводческую продукцию только в ограниченный период времени года, а в остальное время – только в условиях защищённого грунта. Особенностью современного тепличного хозяйства является высокая технологичность. Поэтому важнейшей задачей производства защищённого грунта является повышение продуктивности фотосинтеза выращиваемых растений в условиях искусственного микроклимата при минимальных энергозатратах. Актуальной научной и практической проблемой может стать разработка и внедрение современных эффективных энергосберегающих технологий и электрооборудования на основе достижений науки и техники. В современных тепличных хозяйствах стоимость энергоносителей, таких как газ, электроэнергия, доходит до 60 % [10]. При постоянно возраста-

ющих тарифах на энергоносители в условиях рыночной экономики в сельскохозяйственном производстве применение оптического излучения необоснованно уменьшилось. Однако в технологическом процессе сооружений защищённого грунта оптическому излучению нет альтернативы. В настоящее время для облучения растений чаще всего используют люминесцентные лампы низкого давления, дуговые ртутно-люминесцентные лампы высокого давления, ксеноновые лампы, а также приборы на базе натриевых ламп, т. к. они в технологии светокультуры обладают высокими ресурсными показателями и энергоэффективностью [1, 2, 9, 12]. Появление в промышленных масштабах в последние годы мощных светодиодов сделало их конкурентами для натриевых ламп. Благодаря высокому коэффициенту полезного действия светодиодная технология обеспечивает низкое энергопотребление и малое тепловыделение. Помимо этого, в

силу самой природы получения излучения светодиоды обладают совокупностью характеристик, недостижимых для других технологий, таких как механическая и температурная устойчивость, устойчивость к перепадам напряжения, продолжительный срок службы, отличная контрастность и цветопередача. Тем не менее основным преимуществом светодиодных светильников перед традиционными источниками излучения являются адаптированность их под микропроцессорное управление интенсивностью излучения и возможность изменения спектральных характеристик под любые виды и сорта плодовоовощных растений. Меняя спектр излучения облучательной установки, можно управлять процессом формирования урожая, удлинять или сокращать онтогенез растений, повышать урожайность. Это в итоге обеспечит уменьшение потребления электрической энергии при выращивании тепличных растений [2, 3]. Извест-

ными учёными Алферовой Л.К., Башиловым А.М., Бородиным И.Ф., Бутенко Р.Г. и др. доказана эффективность применения искусственного облучения в процессе формирования и повышения урожайности растений, однако здесь не в полной мере решены вопросы регулирования дозы облучения в зависимости от фазы роста растений.

Цель работы – повышение эффективности облучения растений путём регулирования дозы облучения в зависимости от фазы роста растений.

Материал и методы исследования. Для проверки точности теоретических исследований была подобрана элементная база с использованием микропроцессорной техники и создана облучательная установка, включающая светодиодный светильник. Общий вид экспериментальной установки представлен на рисунке 1.

Рисунок 1
Общий вид светодиодного светильника (а) и экспериментальной установки (б)

Светодиодный светильник (рисунок 1, а) содержит 24 красных (630–640 нм), 48 дальних красных (640–660 нм), 36 синих (440–460 нм), 48 белых (2700 К), 6 ультрафиолетовых (380–

400 нм) светодиодов. Всего использовано 162 светодиода с тремя спектральными полосами по две линейки, в каждой из которых 27 светодиодов. Регулировка мощности излучения может

производиться для каждой спектральной полосы отдельно. Характеристики светодиодов в составе светильника даны в таблице 1. Для измерения из-

лучения в видимой области в поддиапазоне 400–790 нм и определения облучённости использовался спектрофотометр ТКА-Спектр [11].

Таблица 1 Характеристики светодиодов в составе светильника

Цвет СД	КПД СД	Количество СД в светильнике	Мощность рассеивания, Вт
Красный (670 нм)	0,55	72	88
Синий (450 нм)	0,45	36	52
Зеленый (550 нм)	–	16	16
УФ (380 нм)	0,2	6	6
Итого			162

В качестве исследуемого растения был выбран выращенный меристемным способом генетически чистый семенной картофель сорта Ред Скарлет (рисунок 1, б).

Преимуществом меристемного способа является то, что культура оказывается более здоровой и практически не боится атак вирусов и благодаря ее высокой урожайности можно получать многочисленные копии растения. Исследования проводились на аэропонной установке, т. е. выращивание растений производилось в воздушной среде без использования почвы, при котором питательные вещества к корням растений доставлялись в виде аэрозоля. Температура в лаборатории поддерживалась на уровне 23–25 °С. Искусственное облучение растений производилось, начиная с двадцать второго дня, с момента всходов и после высадки рассады в аэрапонную установку. Корректировка спектрального состава выполнялась каждые два дня изменением яркости отдельных пар светодиодов с помощью микропроцессорного блока. Изменение спектрального состава производилось в вегетативной фазе в период стационарного логарифмического роста.

Расчёт длины и диаметра стебля растения, а далее биомассы и дифференциальной энергоёмкости производился по данным изображений, полученных с web-камеры.

Результаты исследования. При проведении исследований за параметры, характеризующие рост растений, приняты длина и диаметр стебля, поскольку их несложно идентифицировать по картинкам, полученным с web-камеры, и последующей обработкой с помощью специальных приложений. Весь цикл роста и развития растений разделялся на две части: вегетативный, где осуществляется рост стебля, и генеративный – рост репродуктивных органов, т. е. плодов. Здесь для экспериментов особый интерес представлял второй этап, поскольку рост растений в

нем замедляется и появляется возможность снижения степени облучения для обеспечения энергосбережения. Поэтому с точки зрения энергосбережения на данном этапе целесообразно обеспечивать лишь необходимое и достаточное количество спектральной облучённости, которое обеспечит заданный прирост растения. Для определения начала и окончания вегетативной фазы растения, в течение которого предполагается изменение спектральных и энергетических характеристик облучения, а также оптимизации процесса электропотребления, вводятся два частных показателя – дифференциальная и интегральная энергоёмкости [4, 7, 8]:

$$w_i(t) = \frac{S}{M(t)} \cdot t \rightarrow \min \quad \text{и}$$

$$w_d(t) = \frac{S}{\Delta M(t)} \Delta t \rightarrow \min,$$

где S – мощность, Вт; $M(t)$ – биомасса растения, г.

Выход биомассы растения [6] можно найти по выражению

$$M_{\text{раст}}(t, \varpi) = N_0 \cdot m_m \cdot e^{\lambda \cdot \mu \cdot t} + r \cdot N_0 \cdot m_g \cdot f \cdot e^{\frac{\mu}{C}} \left(\frac{C}{\mu} \right)^{\lambda \cdot \frac{\mu}{C-1}} \cdot e^{\lambda \cdot \mu \cdot t}, \quad (1)$$

где N_0 – количество меристемных клеток растения в начальный момент времени, шт.; m_m – начальная масса меристемных клеток растения, г; m_g – сухая масса вегетативных клеток растений в начальный момент времени, г; λ – коэффициент, показывающий распределение между клетками растения; μ – удельная скорость роста растений, сутки⁻¹; t – время, сутки; f – коэффициент увеличения вегетативных клеток растения; C – показатель старения растения, сутки⁻¹; r – неполная гамма-функция.

Удельная скорость роста растения в выражении (1) может быть определена по известной формуле [6]:

$$\mu = \frac{a \cdot \varphi \cdot M_{\text{л}} \cdot \varpi \cdot k_i \cdot E_0}{1 + \frac{a \cdot \varphi \cdot M_{\text{л}} \cdot \varpi \cdot k_i \cdot E_0 \cdot b(1+\gamma)}{\lambda_{\text{CO}} \cdot Q_{\text{В}}}}, \quad (2)$$

где a – начальный градиент кривой фотосинтеза, $\text{сек}^{-1}/\text{кал} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{мин}^{-1}$; $M_{\text{л}}$ – биомасса листа растения, г; φ – площадь поверхности единицы массы листа растения, $\text{см}^2/\text{г}$; E_0 – общая облучённость, $\text{кал} / (\text{см}^2 \cdot \text{мин}^{-1})$; k_i – коэффициент, учитывающий долю облучённости растения в i -ом спектральном диапазоне; λ_{CO} – концентрация углекислого газа, $\text{г}/\text{см}^3$; $Q_{\text{в}}$ – расход воды через корневую поверхность, $\text{см}^3/\text{с}$; b – коэффициент молекулярной диффузии воды и углекислого газа; γ – коэффициент, определяющий изменение суммарного сопротивления устьиц листьев и воздуха на их поверхности к воде; ω – весовой коэффициент заданного спектрального состава облучения, учитывающий его биологическую значимость (определяется экспериментально).

Используя выражение (1), можно проанализировать изменение биомассы растения при различных спектральных составах облучения. Здесь следует отметить, что биологическая значимость спектрального состава определяется только весовым коэффициентом, варьируемым в диапазонах от 0 до 1. Чем выше величина этого показателя, тем эффективнее процесс облучения. Так, например, оптимальным для растения можно считать спектральный состав излучения при приближении весового коэффициента к единице.

Зависимости биомассы, интегральной и дифференциальной энергоёмкости от времени для случая применения светодиодного светильника представлены на рисунке 2. Как видно из рисунка, динамика роста растений существенно коррелирована с дифференциальной и интегральной энергоёмкостями. Поэтому по характерным изменениям этих показателей можно определить время фазовых переходов растений, которое является одним из важных показателей при регулировании спектрального состава и режимов досвечивания. Так, например, время, при котором дифференциальная энергоёмкость имеет минимальное значение, соответствует началу этапа вегетативной фазы (25-е сутки), в котором рост растения замедляется, и оно становится более восприимчивым к спектральному составу излучения и дозе облучения. Учитывая радиационный режим на стадии роста растений, необходимо выполнить корректировку спектра излучения с учётом специфики поглощения излучения, в частности, повысить мощность зелёной составляющей спектра и ослабить мощность синей.

Интегральная энергоёмкость имеет минимальное значение, которое достигается в точке созревания (55-е сутки) с переходом на генера-

тивную фазу, что свидетельствует о прекращении роста растений, и не требуются затраты энергии на развитие вегетативной части растений, следовательно, можно сократить фотопериод досветки уменьшением мощности искусственного облучения.

Рисунок 2

Зависимости биомассы растения, интегральной и дифференциальной энергоёмкости от времени при использовании светодиодного светильника (индексы 1 и 2 соответствуют весовым коэффициентам 1 и 0,9): 1 – биомасса растения; 2, 3 – интегральная и дифференциальная энергоёмкости

Из рисунка 2 видно, что величина весового коэффициента оказывает существенное влияние на биомассу растения. Так, например, при изменении этого коэффициента с 1,0 до 0,9 резко уменьшаются параметры роста растений (в 1,5 раза), что показывает чувствительность растений к уровням спектральной облучённости и дозам облучения.

Интегральная энергоёмкость в какой-то степени является объективным индикатором созревания растения. Так, например, когда отношение текущих значений дифференциальной и интегральной энергоёмкостей к их минимальным значениям превысит заданное пороговое значение, например, в 50 раз (на рисунке 2 соответствует приблизительно 80 суткам), можно определить полное созревание плодов. Таким образом, определяя минимальное значение показателя интегральной энергоёмкости, можно выдавать сигнал о необходимости сбора урожая или продолжить процесс облучения с регулированием его параметров.

Для подтверждения результатов теоретических расчётов было проведено экспериментальное исследование (рисунок 3), в котором проводились измерения длины и диаметра стебля, сформировавшегося под светодиодным светильником при произвольном спектральном составе в течение двух суток после высадки на аэропонтную установку. До конца вегетации растений спектральный состав не изменялся.

Рисунок 3

Зависимости энергоёмкости (1) и биомассы (2) в зависимости от времени суток: сплошные кривые — теоретические; пунктирные — экспериментальные

В целом экспериментальные исследования подтвердили адекватность теоретических расчетов с использованием предложенного выражения по определению биомассы и энергоёмкости процесса облучения. При этом погрешность не

превысила 5 %, что позволяет сделать вывод о достоверности результатов расчетов.

Выводы. Предложенное в работе аналитическое выражение описывает взаимосвязь между параметрами растений (рост стебля, биомасса) и характеристиками светодиодного светильника (электрическая мощность, спектральное распределение мощности излучения), а также позволяет идентифицировать фазу развития растений. Так, например, при снижении весового коэффициента с 1 до 0,9 резко в 1,5 раза уменьшаются параметры роста растений, что свидетельствует о чувствительности растений к значениям спектральной составляющей и дозам облучения. Использование светодиодных светильников вместо традиционных источников излучения способствует снижению интегральной энергоёмкости, что дополнительно подтверждает эффективность их применения. Так, например, замена натриевых на светодиодные светильники снижает значение интегральной энергоёмкости в 4,2 раза (с 5,4 до 1,3 кВт · ч/г).

Библиографический список

1. Большина, Н.П. Оценка эффективности металлгалогенных ламп при выращивании овощных и цветочных культур закрытого грунта [Текст] / Н.П. Большина, Е.М. Фомин, А.В. Невский // Применение оптических излучателей в с. х. Саранск, 1985. С. 65–68.
2. Большин, Р.Г. Повышение эффективности облучения меристемных растений картофеля светодиодными (LED) фитоустановками [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Р.Г. Большин. М., 2016. 148 с.
3. Валеев, Р.А. Светодиодные облучательные установки для меристемных растений [Текст] / Р.А. Валеев, Н.П. Кондратьева, Р.Г. Кондратьев // Известия Международной академии аграрного образования (МАО). 2013. Выпуск № 16. Том 1. С. 23–25.
4. Галиуллин, Р.Р. Разработка и исследование энергосберегающей автоматизированной системы освещения теплицы на основе светодиодных технологий [Текст] / Р.Р. Галиуллин, С.М. Яковлев, И.И. Каримов и др. // Отчёт по научно-исследовательской работе. Уфа: Башкирский ГАУ, 2014. 97 с.
5. Каримов, И.И. Энергосберегающая светодиодная система облучения растений [Текст] / И.И. Каримов, С.М. Яковлев // Электротехнические и информационные комплексы и системы. Уфа: Уфимский государственный университет экономики и сервиса, 2014. С. 18–25.
6. Каримов, И.И. Повышение эффективности облучения растений с использованием светодиодных светильников в сооружениях закрытого грунта (на примере семенного картофеля) [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / И.И. Каримов. Челябинск, 2016. 139 с.
7. Каримов, И.И. Энергосберегающее управление ростом растений в теплицах [Текст] / И.И. Каримов, Р.Р. Галиуллин // Сельский механизатор. 2016. № 5. С. 15–18.
8. Романов, П.С. Устройство освещения в станции технического обслуживания автомобилей с использованием энергосберегающих технологий [Текст] / П.С. Романов // Вестник Московского государственного областного социально-гуманитарного института. 2010. № 1 (9). С. 112–118.
9. Протасова, Н.Н. Свет как фактор регуляции фотосинтеза и роста растения [Текст] / Рост растений и дифференцировка. М.: Наука, 1981. С. 245–253.
10. Степанчук, Г.В. Оптические электротехнологии переменного облучения растений в культивационных сооружениях [Текст]: монография / Г.В. Степанчук, Е.П. Ключка, Н.Е. Пономарева. Зерноград: АЧГАА, 2013. 208 с.
11. Спектрофотометр «ТКА-Спектр» (ФАР). Руководство по эксплуатации [Текст]. Санкт-Петербург, 2016. 24 с.
12. Тихомиров, А.А. Светокультура растений [Текст]: учебное пособие / А.А. Тихомиров, В.П. Шарупич, Г.М. Лисовский. Новосибирск: Изд-во Сиб. отд. АН, 2000. 213 с.

1. **Галиуллин Рустам Рифович**, доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения и автоматизации технологических процессов, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, 50-летия Октября, 34, тел.: +7 (347) 278-59-48, e-mail: rustam6274@mail.ru.

2. **Аипов Рустам Сагитович**, доктор технических наук, профессор кафедры электрических машин и электрооборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, 50-летия Октября, 34, тел.: +7 (347) 228-36-55, e-mail: aipovrs@mail.ru.

3. **Яруллин Ринат Бариевич**, доктор технических наук, профессор кафедры электрических машин и электрооборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, 50-летия Октября, 34, тел.: +7 (347) 228-36-55, e-mail: jarullin_rb@mail.ru.

Описано преимущество светодиодных светильников перед традиционными источниками облучения растений. Предложено аналитическое выражение, описывающее взаимосвязь между характеристиками светодиодного светильника и параметрами растений – рост стебля

и биомасса, а также позволяющее идентифицировать фазу развития растений, что является важным при создании автоматизированных энергосберегающих облучательных светодиодных установок для тепличных хозяйств.

R. Galiullin, R. Aipov, R. Yarullin

EFFICIENCY OF PLANT IRRADIATION IN PROTECTED GROUND STRUCTURES

Key words: *protected ground structures; LED lamps; HPS lamps; irradiation facility; spectral composition; vegetation cycle; differential and integrated energy capacities; biomass; weight coefficient; efficiency.*

Authors' personal details

1. **Galiullin Rustam**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Power Supply and Process Automation Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Otyabrya St., 34, e-mail: rustam6274@mail.ru.

2. **Aipov Rustam**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Electric Machines and Equipment Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Otyabrya St., 34, e-mail: aipovrs@mail.ru.

3. **Yarullin Rinat**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Electric Machines and Equipment Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Otyabrya St., 34, e-mail: jarullin_rb@mail.ru.

The advantage of LED lamps over conventional means of plant irradiation is described. An analytic expression is proposed to determine the relationship between LED lamp characteristics and plant param-

eters such as the stem growth and biomass. The formula also identifies the plant growth phase, which is crucial in development of automated energy-saving LED irradiation facilities for greenhouses.

© Галиуллин Р.Р., Аипов Р.С., Яруллин Р.Б.

УДК 621.321

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-105-111

Р.Р. Галиуллин, Р.Б. Яруллин, И.Р. Кафиев

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЁННОГО ГРУНТА

Ключевые слова: *оптимизация; процесс облучения; светодиодная облучательная установка; микропроцессорные технологии; энергоёмкость; солнечная радиация; алгоритм управления; стоимость электроэнергии.*

Введение. Оптимизация режимов облучения растений представляет собой весьма важ-

ную задачу, особенно в сооружениях защищённого грунта. Решение задачи требует детальной

проработки вопросов регулирования режимов облучения растений и на основе этого разработку алгоритмов оптимизации как для облучения, так и для режимов формирования культур, а также усовершенствование аппаратного обеспечения путём создания светодиодных облучательных установок, обеспечивающих требуемые характеристики излучения и системы управления ими на основе микропроцессорных контроллеров. Использование гибких в управлении облучательных установок на основе современных цифровых технологий, в частности микропроцессорных, может дать качественный скачок в решении стратегической задачи энергосбережения в сооружениях защищённого грунта [6].

Управление процессом формирования урожая и в соответствии с этим удлинение или сокращение онтогенеза растений могут достигаться облучением растения различными по спектру источниками, например, светодиодными, обеспечивая гибкость изменения дозы облучения каждым спектром – красным, синим – и уменьшение потребления электрической энергии, что в итоге повысит энергоэффективность технологического процесса [2]. При этом количественным показателем такого процесса может являться удельная энергоёмкость, показывающая физический расход энергетических ресурсов на выпуск единицы продукции. Однако этот показатель определяется в конце цикла технологического процесса, относится к так называемым статическим показателям и не может быть использован для оптимизации энергоэффективности в ходе процесса. Поэтому важным показателем для потребителей является стоимость данных расходов, в связи с чем целесообразно рассматривать и экономическую энергоёмкость, т. е. стоимость затраченных энергоресурсов на выпуск единицы продукции [5, 7].

Наибольшее влияние на формирование самой культуры оказывают факторы, определяющие режим облучения растений в теплице, – скорость облучения растений, солнечная радиация и ценовые категории электроэнергии.

Цель исследования – повышение эффективности процесса облучения растений путём разработки алгоритма оптимизации спектрального состава.

Условия, материалы и методы исследования. Для проведения экспериментальных исследований собрана облучательная установка на базе светодиодов и микропроцессорная система управления. Для измерения излучения в видимой области в поддиапазоне 400–790 нм и определения облучённости использовался стандартный спектрофотометр.

В качестве исследуемого растения был выбран генетически чистый семенной картофель сорта Ред Скарлет, выращенный меристемным способом. Выращивание растений производилось в воздушной среде без использования почвы, при котором питательные вещества к корням растений доставлялись в виде аэрозоля. Температура в помещении, где проводились исследования, поддерживалась в среднем на уровне 24 °С.

Результаты исследований. Повышению эффективности облучения растений в большей степени способствует облучение с учётом естественной радиации через прозрачное покрытие сооружения защищённого грунта. При этом удельная мощность естественной радиации может быть записана в виде

$$Wr = f \cdot k \cdot R, \quad (1)$$

где f – коэффициент, учитывающий долю фотосинтетической активной радиации в суммарной интегральной естественной радиации; k – коэффициент запаса естественного радиационного режима; R – интенсивность естественной радиации.

Оптимизация режимов облучения растений, в частности картофеля, достигается путём поиска фрагментов фотопериода во времени, при котором удовлетворяется потребность в суточной дозе облучения с учётом солнечной радиации и обеспечивается минимальная стоимость потребляемой энергии [7]. В этом случае критерий оптимальности можно записать в виде:

$$\left. \begin{aligned} E_c &= \sum_{i=1}^t (R_c(i) + R_n(i)) \Delta t \geq E_n, \\ C_3 &= \sum_{i=1}^{T_\Phi} S_n(i, E_c) \cdot \Delta t \cdot T_3(i) \Rightarrow \min, \\ t_\Phi &= \sum_{i=1}^n \Delta t(i), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где E_c , E_n – фактическая и нормированная дозы облучения растения, Вт·ч/м²; $R_c(i)$, $R_n(i)$ – удельная интенсивность естественного и искусственного облучения растения на i -м часе фотопериода, Вт/м²; Δt – значение временного интервала; $S_n(i)$ – электрическая мощность, затраченная на искусственное облучение растения на i -м часе фотопериода, Вт; $C_3(i)$ – стоимость электроэнергии за время полного фотопериода, руб.; $T_3(i)$ – тариф электроэнергии на i -м часе фотопериода; $i = 1, 2, 3, \dots; n$ – номер фрагмента фотопериода; t_Φ – полное время фотопериода, час.

Система уравнений (2) позволяет определить стоимость электроэнергии и выбрать оптимальный его тариф с учётом суточной дозы облучения растений.

За параметры, определяющие рост растений, приняты длина и диаметр стебля. При этом весь цикл роста и развития растений разделялся на две части: вегетативный и генеративный. В первом случае осуществляется рост стебля, во втором – репродуктивных органов – плодов.

В алгоритме оптимизации при определении отношения длины стебля к диаметру задаются граничные условия, чтобы в дальнейшем в расчётах учитывать чрезмерные удлинение или тонкость стебля и таким образом сравнить с заданным значением.

Алгоритм оптимизации облучения в процессе роста растения в вегетативной фазе представлен на рисунке 1.

Идентификация стадии развития растения в алгоритме достигается путём использования энергоёмкости роста растений [6]:

- дифференциальной $w_i(t) = \frac{S}{M(t)} \cdot t \rightarrow \min$,
- интегральной $w_a(t) = \frac{S}{\Delta M(t)} \Delta t \rightarrow \min$.

Здесь S – мощность, Вт; $M(t)$ – биомасса растения, г.

Выход биомассы растения [7] может определяться по выражению

$$M_{\text{раст}}(t, \varpi) = N_0 \cdot m_m \cdot e^{\lambda \cdot \mu \cdot t} + r \cdot N_0 \cdot m_g \cdot f \cdot e^{\frac{\mu}{S} \left(\frac{C}{\mu} \right)^{\lambda \cdot \frac{\mu}{C-1}}} \cdot e^{\lambda \cdot \mu \cdot t}, \quad (3)$$

где N_0 – количество меристемных клеток растения в начальный времени, шт.; m_m – масса меристемных клеток растения, г; m_g – масса вегетативных клеток растений в начальный момент времени, г; λ – коэффициент, показывающий распределение между клетками растения; μ – удельная скорость роста растений, сутки⁻¹; t – время, сутки; f – коэффициент увеличения вегетативных клеток растения; C – показатель старения растения, сутки⁻¹; r – неполная гамма-функция.

В выражении 3 удельная скорость роста растений μ зависит от биомассы листа, общей облучённости, концентрации углекислого газа и весового коэффициента заданного спектрального состава облучения, учитывающего его биологическую значимость [7].

По характерным изменениям дифференциальной и интегральной энергоёмкости можно определить время фазовых переходов растений, которое является одним из важных показателей при регулировании спектрального состава.

На рисунке 2 представлены зависимости интегральной и дифференциальной энергоёмкости от времени, полученные расчётным путём.

Рисунок 1

Алгоритм оптимизации излучения светодиодным светильником в вегетативной фазе роста растения

Как видно из рисунка 2, динамика роста растений существенно коррелирует с энергоёмкостями, где заметно прослеживается время фазо-

вых переходов растений. Так, например, время, когда дифференциальная энергоёмкость имеет минимальное значение, соответствует началу

этапа вегетативной фазы (на рисунке 25 сутки), в котором рост растений замедляется, и они становятся более восприимчивы к спектральному составу излучения и дозе облучения. Учитывая радиационный режим на стадии роста растений, корректировку спектра излучения следует выполнить с учётом специфики поглощения излучения, в частности повысить мощность зелёной составляющей спектра и ослабить мощность синей. Интегральная энергоёмкость имеет минимальное значение, которое достигается в точке созревания (на рисунке 55 сутки) с переходом на генеративную фазу, что свидетельствует о прекращении роста растений. Затрат энергии на развитие вегетативной части растений более не требуется, следовательно, можно сократить фотопериод досветки уменьшением мощности искусственного облучения.

Результаты оптимизации процесса облучения растений фрагментацией фотопериода во времени представлены на рисунке 3.

Рисунок 2
Зависимости интегральной (1) и дифференциальной (2) энергоёмкости от времени при использовании светодиодного светильника

На этом рисунке наглядно прослеживается повышение эффективности облучения и снижение стоимости затраченной электроэнергии при оптимизации. Так, например, после оптимизации процесса облучения растений фрагмента-

цией фотопериода во времени стоимость затраченной электроэнергии снизилась на 6,3 усл. ед. (2,8 %). При этом доза облучения повысилась на 2,7 усл. ед. (2,7 %). Таким образом, оптимизированный сценарий облучения растений позволяет компенсировать затраты на электроэнергию и повысить суточную дозу облучения.

В предлагаемом алгоритме оптимизации облучения растений фактическое значение расхода электроэнергии и показатели производительности используются для определения дифференциальной и интегральной энергоёмкости. Полученные данные энергоёмкости совместно с данными блока определения дозы облучения передаются в блок формирования облучения для корректировки параметров циклограммы облучения.

Оптимизация спектрального состава облучения выполняется в вегетативной фазе роста в период активного и непрерывного роста растений. Для реализации данного алгоритма единственным подходящим источником является использование светодиодного светильника, в связи с чем необходимо определить спектральный состав, мощность и количество светодиодов в нем.

При реализации алгоритма учтено, что коэффициент поглощения лучистой энергии для зелёных листьев в зелёной области спектра в среднем в 2,5 раза меньше, чем для синего и красного, и в утолщённом ценозе поглощение компонента облучения в зелёной области спектра по эффективности сравнимо с синей и красной полосами спектра [5]. Красный свет спектром 600–780 нм обеспечивает высокий ростовой эффект, синий – 400–500 нм – формирует утолщённые короткие стебли, но при этом процесс фотосинтеза протекает наиболее интенсивно. Облучение растений светом в зелёной области спектра 530–540 нм способствует формированию тонких листьев с меньшим числом клеток и хлоропластов и самым низким фотосинтезом на единицу площади листа, но в расчёте на хлоропласт достигается самый высокий фотосинтез.

Рисунок 3
Фрагментация графика облучения растений (а) и суточные графики после оптимизации с нарастающим итогом (б)

В растениях, выращиваемых под красным или синим светом, встречаются изменения метаболизма углерода, происходящие за малый промежуток времени экспозиции. Добавление синего света способствует активации углекислого газа в органические кислоты, а красный – в углеводы и крахмал. Следует отметить, что присутствие в составе спектра облучения синего света предохраняет аппарат фотосинтеза от быстрого старения, что благоприятно влияет на урожайность культуры. При этом наличие и доля красных лучей должны обосновываться с учётом видовой специфики растений.

Эффективный фотосинтез при 670 нм может быть обеспечен путём введения более мягкой синей составляющей излучения и расширения спектральной полосы в жёлто-красном участке добавлением в состав светильника тёплого белого света и ультрафиолетового излучения до 10 % с длиной волны 380 нм [7].

Зелёные светодиоды характеризуются обычно относительно высокой стоимостью, поэтому, учитывая регулируемость спектральной составляющей облучательной установки, можно отказаться от чисто зелёного спектра. Следовательно, энергия в этой области спектра может достигаться использованием светодиода белого цвета. Это в итоге позволит снизить себестоимость применяемых для облучения светодиодных светильников.

В предлагаемом алгоритме принят тарифный план по электроэнергии, соответствующий одноставочному тарифу, дифференцированному по зонам суток. Суточная доза облучения реализуется путём искусственного облучения с учётом энергии солнечной радиации. При этом минимум стоимости электрической энергии принимается за критерий оптимальности графика фотопериода.

Исследования показывают, и другими авторами подтверждается [13], что при кратковременном облучении растений не прослеживаются изменения, влияющие на структуру и функции фотосинтетического аппарата. Однако при длительном, например, многочасовом или многосуточном воздействии на растения излучением определённого спектра и интенсивности изменения в структуре и функциях фотосинтетического аппарата могут быть настолько сильными, что изменяется спектральная эффективность. Это в основном зависит от взаимодействия быстрых и медленных фоторегуляционных реакций, связанных с особенностями формирова-

ния фотосинтетического аппарата, морфогенеза, роста и развития растений, а также с другими процессами, медленно протекающими в организме растения.

Следует отметить, что при оптимизации процесса облучения растений должен быть учтён и подобран правильный угол падения направленного излучения. Это объясняется в основном влиянием коэффициента отражения излучения и степени пропускания. Так, например, в [8] была отмечена эффективность бокового освещения по сравнению с освещением сверху, так как оно более объёмное и лучше распределяется по ассимилирующей поверхности фитоценоза. Кроме того, диффузный свет более эффективен, чем прямой [8]. Угол падения направленного излучения на технологическую поверхность влияет на способы улучшения пространственного светораспределения и градиента освещённости по высоте растений. Исследования показывают, что отклонение угла падения света на 40–50 град снижает коэффициент поглощения примерно на 5–7 %. Это можно объяснить увеличением коэффициента отражения и уменьшением степени пропускания растением облучения.

Выводы. Оптимизация процесса облучения растений путём фрагментации фотопериода растений с учётом стоимости электроэнергии и суточной дозы облучения, солнечной радиации в соответствии с алгоритмом оптимизации может существенно снизить затраты электроэнергии и повысить суточную дозу облучения. Так, например, оптимизация процесса облучения растений фрагментацией фотопериода во времени позволила снизить стоимость затраченной электроэнергии на 2,8 % и повысить дозу облучения на 2,7 %. Таким образом, оптимизированный сценарий облучения растений позволяет компенсировать затраты на электроэнергию и повысить суточную дозу облучения.

Для выращивания растений в сооружениях защищенного грунта требуется наличие облучательной установки с светодиодами как минимум с тремя полосами спектра: синим, зелёным и красным. Для оптимального сочетания показателей вегетативного роста, генеративного развития, вкусовых качеств и возможности адаптации спектра и интенсивности излучения к растениям различных видов и сортов желательнее использовать светодиодный светильник с пятиполосным спектром: ультрафиолетовый, синий, красный, красный дальний и тёплый белый.

Библиографический список

1. Аверчева, О.В. Особенности роста и фотосинтеза растений китайской капусты при вы-

ращивании под светодиодными светильниками [Текст] / О.В. Аверчева, Ю.А. Беркович,

А.Н. Ерохин, Т.В. Жигалова, С.И. Погосян, С.О. Смолянина // Физиология растений. 2009. Т. 56. № 1. С. 17–26.

2. Валеев, Р.А. Светодиодные облучательные установки для меристемных растений [Текст] / Р.А. Валеев, Н.П. Кондратьева, Р.Г. Кондратьев // Известия Международной академии аграрного образования (МАОО). 2013. Выпуск № 16. Том 1. С. 23–25.

3. Васильева, Е.Д. Некоторые закономерности деградации синих светодиодов на основе InGaN/GaN [Текст] / Е.Д. Васильева, А.Л. Заггейм, Ф.М. Снегов, А.Е. Черняков, Н.М. Шмидт, Е.Б. Якимов // Светотехника. 2007. № 5. С. 30–32.

4. Гладин, Д.В. Использование светодиодных технологий в сельском хозяйстве [Текст] / Д.В. Гладин // Полупроводниковая светотехника. 2012. № 2. С. 60–65.

5. Ермаков, О.Н. Светоизлучающие диоды зелёного цвета свечения с повышенной температурной стабильностью потока излучения [Текст] / О.Н. Ермаков, В.Ф. Аксёнов, Р.С. Игнаткина // Фотометрия и ее метрологическое обеспечение. Тез. докл. на IV всесоюз. конф. М., 1982. 103 с.

6. Каримов, И.И. Эффективность использования светодиодных светильников в тепличных хозяйствах [Текст] / Р.Р. Галиуллин, И.И. Каримов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. Уфа: Уфимский государственный университет экономики и сервиса, 2016. С. 34–39.

7. Галиуллин, Р.Р. Разработка и исследование энергосберегающей автоматизированной системы освещения теплицы на основе светодиодных технологий [Текст] / Р.Р. Галиуллин,

С.М. Яковлев, И.И. Каримов и др. // Отчет по научно-исследовательской работе. Уфа: Башкирский ГАУ, 2014. 97 с.

8. Леман, В.М. Курс светокультуры растений [Текст] / В.М. Леман. Москва: Высшая школа, 1976. 272 с.

9. Нормы технологического проектирования теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады НТП 10-95 [Текст] / МСХиП РФ. 23.08.2006.

10. Ракутько, С.А. Метод оценки энергоэффективности фотосинтеза в светокультуре с позиций прикладной теории энергосбережения [Текст] / С.А. Ракутько, Е.Н. Ракутько // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства: сб. науч. трудов ИАЭП, 2015. Вып. 86. С. 168–181.

11. Соколов, А.В. Обоснование параметров и разработка широкополосной системы освещения растений в защищённом грунте с резонансным электропитанием [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / А.В. Соколов. М., 2015. 125 с.

12. Свод правил СП 107.13330.2012 [Текст] / Теплицы и Парники МРР РФ. 01.01.2013.

13. Тихомиров, А.А. Светокультура растений [Текст]: учебное пособие / А.А. Тихомиров, В.П. Шарупич, Г.М. Лисовский. Новосибирск: Изд-во Сиб. отд. АН, 2000. 213 с.

14. Фокин, А.А. Особенности расчёта мощности излучения светодиодных систем электродосвечивания для теплиц [Текст] / А.А. Фокин // Инновационные технологии производства, хранения и переработки плодов и ягод. Материалы научно-практической конференции. Мичуринск – Научоград, 2009. С. 207–209.

Сведения об авторах

1. **Галиуллин Рустам Рифович**, доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения и автоматизации технологических процессов, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, 50-летия Октября, 34, тел.: +7 (347) 278-59-48, e-mail: rustam6274@mail.ru.

2. **Яруллин Ринат Бариевич**, доктор технических наук, профессор кафедры электрических машин и электрооборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, 50-летия Октября, 34, тел.: +7 (347) 228-36-55, e-mail: jarullin_rb@mail.ru.

3. **Кафиев Иршат Рашитович**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электрических машин и электрооборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, 50-летия Октября, 34, e-mail: kafiev02@mail.ru.

В работе рассматривается способ повышения энергоэффективности технологического процесса облучения растений путём оптимизации режимов облучения. Это достигается фрагментацией графика облучения растений и поис-

ком положений фрагментов фотопериода во времени, при которых удовлетворяется требование к суточной дозе облучения и обеспечивается минимальная стоимость затрачиваемой электроэнергии.

OPTIMIZATION OF THE PLANT IRRIGATION PROCESS IN PROTECTED SOIL CONSTRUCTIONS

Key words: *optimization; irradiation process; LED irradiation installation; microprocessor technology; energy intensity; solar radiation; control algorithm; cost of electricity.*

Authors' personal details

1. **Galiullin Rustam**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the power supply and process automation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Octyabrya St., 34, e-mail: rustam6274@mail.ru.

2. **Jarullin Rinat**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Electric Machines and Equipment Chair, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Octyabrya St., 34, e-mail: jarullin_rb@mail.ru.

3. **Kafiev Irshat**, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Electric Machines and Equipment Chair, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Octyabrya St., 34, e-mail: kafiev02@mail.ru.

The paper considers a way to increase the energy efficiency of the technological process of plant irradiation by optimizing the irradiation regimes. This is achieved by fragmentation of the schedule of plant irradiation and the search for the positions of

the fragments of the photoperiod in time, at which the requirement for the daily dose of radiation is satisfied and the minimum cost of the consumed electric energy is ensured.

© Галиуллин Р.Р., Яруллин Р.Б., Кафиев И.Р.

УДК 681.121.843

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-111-116

Д. Джураев, М.М. Давлетшин, Ф. Маматов, И. Тоиров, М. Халилов, А. Уришев

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТРУБКИ ПИТО – ПРАНДТЛЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА

Ключевые слова: *трубка; прибор; воздушный поток; давление; скорость; вентилятор; опрыскиватель; аспирационный психрометр; микроманометр; точность.*

Введение. Как известно, основные принципы движения воздуха и жидкости в природе обобщаются, и их движение часто изучается на основе общих уравнений. Для определения динамического давления и скорости движущейся жидкости была создана трубка Пито – Прандтля, установленная к микроманометру ММН-240(5)-1.0. Этот прибор применяют для измерения параметров воздушного потока, например, вентилятора опрыскивателя, применяемого для защиты растений. Здесь необходимо отметить, что значения давления жидкости и давления воздушного потока, создаваемого вентилятором, резко отличаются между собой, то есть воздушный поток имеет очень низкое давление по сравнению с давлением движущейся жидкости.

В настоящее время для определения скорости воздушного потока существует много типов и марок анемометров. Например: вращательные (крыльчатки, чашечные), тепловые, вихревые,

динамометрические (с трубками Пито), ультразвуковые (акустические), оптические (лазерные доплеровские). Наиболее распространенными являются вращательные анемометры, отличающиеся типом принимающего устройства (чашка или крыльчатка).

Вышеуказанные приборы созданы для измерения скорости воздуха в общем потоке. При исследовании вентиляторов необходимо определить среднее значение давления и скорости воздушного потока на выходе поперечного сечения выходного окна опрыскивателя. Для этого площадь поперечного сечения выходного окна на основе ранее проведенных опытов разделяется на несколько мелких четырехугольников и у каждого по центру определяется давление и скорость воздушного потока.

При проведении научных исследований по изучению давления и скорости воздушного потока, создаваемого вентилятором, применить

опрыскиватели в вышеуказанных приборах не представляется возможным. Поэтому разработка измерительных приборов и определение параметров воздушного потока в нашей стране является одной из наиболее актуальных проблем.

Б.Г. Турбиным [5] были проведены научные исследования по изучению параметров трубки Пито – Прандтля для определения давления и скорости воздушного потока. Им даны рекомендации по повышению его чувствительности.

Б.Г. Турбин [5] при разработке особое внимание уделил рабочей части наконечника трубки, где была выполнена сферическая форма предложенной им конструкции. На наш взгляд, когда рабочая часть наконечника трубки имеет сферическую поверхность, происходит накопление воздушного потока, движущегося с определенной скоростью в соответствии с размерами сферической поверхности. Здесь воздушный поток на какое-то время мгновенно останавливается и потом меняет своё направление движения. Это приводит к тому, что значение измеряемого давления воздушного потока отличается от фактического.

Однако до настоящего времени вопросы по измерению давления и скорости воздушного потока с высокой чувствительностью, создаваемого вентилятором опрыскивателя, используемого для защиты растений, не решены.

Целью данного исследования является разработка и изготовление модернизированной трубки высокой чувствительности для определения давления и скорости воздушного потока, создаваемого вентилятором опрыскивателя, и обоснование её основных параметров.

Литературный обзор. Ученый Франции Анри Пито (1695–1771) в 1732 году разработал, изготовил и применил на практике трубку для измерения полного давления потока движущейся жидкости. Известно, что полное давление представляет собой сумму гидростатического и динамического давления. Ученый Германии Людвиг Прандтль (1875–1953) для определения динамического давления движущейся жидкости в трубе разработанной трубки Пито, установил

снаружи вторую трубку с диаметром больше предыдущего, имеющую отверстия с одной стороны и подключенной к микроманометру с отдельными каналами. В то же время каналы были соединены через жидкость, а трубка вставлена в открытую атмосферу, с помощью которой определяется динамическое давление жидкости. Эта трубка названа в честь великих изобретателей и ученых Пито – Прандтля.

В зарубежных странах вопросами по определению давления и скорости жидкости занимались многие ученые. Американские (трубка Хакена) и британские (трубка Брабе) ученые также проводили свои научные исследования в этой области, где разработали различные трубки для определения давления жидкости, названные их именами. Разработка измерительных приборов для определения параметров воздушного потока является одной из наиболее актуальных проблем [1–6]. Исследования Б.Г. Турбина [5] по проектированию и разработке трубки были основой для решения вопроса. Б.Г. Турбин рассматривал проект трубки, где основная часть была выполнена в сферической форме, и предложил соответствующую конструкцию.

Материалы и методы исследования. Мы проанализировали вышеуказанные моменты и разработали конструкцию рабочей части и в целом наконечника трубки для измерения давления воздушного потока, которая устраняет вышеупомянутые дефекты. Нами разработана конструкция наконечника трубки, которая имеет форму конуса и изготовлена в соответствии с нашими параметрами. Наконечник трубки имеет форму острого конуса длиной 50 мм, что приводит к сокращению накопления воздуха возле измеряемого участка по сравнению со сферической формой.

Нами разработана модернизированная трубка для определения давления и скорости воздушного потока. С помощью этой трубки можно определить полное, динамическое и статическое давление воздушного потока. Технологическая схема модернизированной трубки показана на рисунке 1.

Рисунок 1

Технологическая схема модернизированной трубки для определения динамического давления и скорости воздушного потока: 1 – наконечник; 2 – внутренняя трубка; 3 – наружная трубка; 4 – штуцеры; 5 – боковые отверстия по А-А: I – канал воздушного потока, движущегося с полным давлением (P); II – канал воздушного потока, поступающего с боковых отверстий (P_{ст})

Как показано на рисунке 1, наконечник 1 трубки определенного диаметра (коническая часть) изготавливается отдельно. При этом трубка с меньшим диаметром 2 вставляется во внутреннее отверстие наконечника 1. Трубка большего диаметра 3 с отверстиями 5 вставляется на внешнюю часть наконечника. В конце трубок 2 и 3 были установлены штуцеры 4 для соединения шлангов.

Прибор был испытан под давлением $0,2 \text{ кг/см}^2$. Модернизированная трубка была подключена к микроманометру ММН-240(5)-1.0. Для этой цели присоединили первый канал (I), то есть маленькую трубку 2, к микроманометру ММН-240(5)-1.0 с помощью штуцера, имеющего знак (+). При этом поток воздуха с полным давлением через этот канал I поступает в стеклянную трубку прибора. Второй канал трубки (II) соединили к микроманометру ММН-240(5)-1.0 с помощью штуцера со знаком (-). При этом поток воздуха, поступающий из второй трубки 3, формирует статическое давление $P_{ст}$ в этом канале. Оба канала связаны между собой жидкостью (спиртом), в которой разница статического давления и полного давления воздушного потока равна динамическому давлению $P_{дин}$, которое определяется показанием шкалы стеклянной трубки прибора.

Результаты исследований. Перед проведением исследований по определению давления воздушного потока, создаваемого вентилятором универсального навесного опрыскивателя PJG-10, на специально разработанном столе был установлен аспирационный психрометр на высоте 2 метра (МВ-4М ГОСТ 6353-52), с помощью которого были определены температура и влажность окружающей среды.

Исследование по изучению параметров воздушного потока с модернизированной трубкой, присоединенной к микроманометру ММН-240(5)-1.0, проводилось в лаборатории «Узгидрометцентр» Госстандарта Республики Узбекистан.

Во время экспериментальных исследований проводилась запись информации.

На основе проведенных экспериментальных исследований динамическое давление ($P_{дин}$) воздушного потока, создаваемого вентилятором, определяется с использованием модернизированной трубки, подключенной к микроманометру ММН-240(5)-1.0, по следующему выражению:

$$P_{дин} = l \cdot K \cdot n \cdot C, \text{ кг/м}^2, \quad (1)$$

где l – показание шкалы стеклянной трубки прибора (уровень спирта), мм; K – коэффициент угла наклона стеклянной трубки, кг/м^3 ; n – коэффициент, учитывающий разность удельного

веса спирта; C – поправочный коэффициент давления, определяемый экспериментальным путем.

Показание шкалы стеклянной трубки прибора (уровень спирта) определялось выражением:

$$l = l_1 - a, \text{ мм}, \quad (2)$$

где a – показание шкалы стеклянной трубки прибора (уровень спирта) перед экспериментом исследованием, мм; l – показание шкалы стеклянной трубки прибора (уровень спирта) в конце эксперимента, мм.

Коэффициент K представляет угол наклона в установке стеклянной трубки прибора, который отмечен на дуге отверстиями и определяется следующим образом:

$$K = \gamma_{сн} \cdot \sin \alpha, \text{ кг/м}^3, \quad (3)$$

где $\gamma_{сн}$ – удельный вес заливаемого спирта, предусмотренный по инструкции прибора; $\gamma_{сн} = 0,8095 \pm 0,005 \text{ Г/см}^3$.

Из-за отсутствия спирта такого удельного веса в приборе можно залить спирт с удельным весом $\gamma_{сн} = 0,8844 \text{ Г/см}^3$. Известно, что микроманометр ММН-240(5)-1.0 измеряет давление воздуха в диапазоне $0-240 \text{ кг/м}^2$, на нем установлена стеклянная трубка, разделенная на 1–300 мм. Микроманометр ММН-240(5)-1.0 настраивается на пять углов наклона относительно горизонтальной оси для повышения точности. В то же время коэффициент K , описывающий угол наклона, вводится при установке стеклянной трубки с пятью значениями $K = 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8$. Значение K рассчитывается на основе выражения (3) для пяти отверстий, которые предусмотрены на дуге прибора, и его значение отражается в каждом отверстии. Для каждого значения угла наклона K стеклянной трубки микроманометр ММН-240(5)-1.0 определяет давление воздушного потока в пределах этого диапазона. Например, в микроманометре ММН-240(5)-1.0 установлена стеклянная трубка под углом $K = 0,2$. Определяем диапазон измерения прибора, для этого максимальное значение (верхний предел измерения) измерения прибора умножаем на коэффициент K . Тогда: $240 \times 0,2 = 48 \text{ кг/м}^2$, т. е. его верхний предел измерения давления воздуха составляет 48 кг/м^2 . На основе полученных данных по результатам исследований построена номограмма зависимости динамического давления и скорости воздушного потока от показаний шкалы стеклянной трубки микроманометра ММН-240(5)-1.0 с модернизированной трубкой при вышеуказанных значениях коэффициента K (рисунок 2). На приведенном графике каждая закономерность состоит из трех линий, лежащих друг на друге. В лаборатории «Узгидромет-

центр» Госстандарта Республики Узбекистан проведены в одинаковых условиях параллельные исследования на приборе ПАТ № 016 и ДМЦ-01 (эталон) и на микроманометре ММН-240(5)-1.0 с модернизированной трубкой. В результате исследований проводилась запись информации, на основании которой построены закономерности, определена эмпирическая формула и построены график закономерности.

Анализ вышеприведенных данных выявил, что показатели микроманометра ММН-240(5)-1.0 с модернизированной трубкой имеют высокую точность. На горизонтальной оси графика расположено значение динамического давления $P_{дин}$ и скорости V воздушного потока, а на вертикальной оси указаны значения шкалы стеклянной трубки l микроманометра ММН-240(5)-1.0 с модернизированной трубкой.

Рисунок 2

Номограмма для определения динамического давления и скорости воздушного потока в зависимости от показаний шкалы стеклянной трубки микроманометра ММН-240(5)-1.0 с модернизированной трубкой

На графике динамическое давление и скорость воздушного потока выражаются в виде прямых и кривых соответственно значениям K микроманометра ММН-240(5)-1.0 с модернизированной трубкой. Как видно из графиков, при измерении давления и скорости воздушного потока с помощью микроманометра ММН-240(5)-1.0 с модернизированной трубкой по сравнению с эталонной улучшается точность измерения. На основе испытаний модернизированной трубки в лаборатории «Узгидрометцентр» Госстандарта Республики Узбекистан, присоединенной к микроманометру ММН-240(5)-1.0, получен сертификат (№ 170, 15.03.2017). Анализ вышеприведенного графика показал, что значения динами-

ческого давления и скорости воздушного потока, определенных микроманометром ММН-240(5)-1.0 с присоединением модернизированной трубки очень близки к контрольным показателям (эталону) и даже во многом равны им, и их разность не превышает допустимого предела.

Получены следующие эмпирические зависимости, на основе которых составлена программа на базе Excel, позволяющая определить динамическое давление и скорость воздушного потока в зависимости от показания шкалы стеклянной трубки и коэффициента прибора K микроманометра ММН-240(5)-1.0 с модернизированной трубкой, которые приведены ниже:

Для определения значения динамического давления:

1. При $K = 0,2$; $P_{дин} = 22,17 l - 0,0084$, МПа. $R^2 = 0,9999$.
2. При $K = 0,3$; $P_{дин} = 32,133 l + 0,0004$, МПа. $R^2 = 1$.
3. При $K = 0,4$; $P_{дин} = 43,708 l - 0,0004$, МПа. $R^2 = 1$.
4. При $K = 0,6$; $P_{дин} = 64,762 l$, МПа. $R^2 = 1$.
5. При $K = 0,8$; $P_{дин} = 85,065 l - 0,0003$, МПа. $R^2 = 1$.

Для определения значения скорости:

1. При $K = 0,2$; $V = -506,15 l^2 + 207,62 l + 4,4145$, м/с. $R^2 = 0,9964$.
2. При $K = 0,3$; $V = -1103,9 l^2 + 307,42 l + 4,3657$, м/с. $R^2 = 0,9959$.
3. При $K = 0,4$; $V = -1765,8 l^2 + 393,83 l + 4,3978$, м/с. $R^2 = 0,9975$.
4. При $K = 0,6$; $V = -4519,7 l^2 + 622,28 l + 4,3208$, м/с. $R^2 = 0,996$.
5. При $K = 0,8$; $V = -7450,1 l^2 + 803,28 l + 4,381$, м/с. $R^2 = 0,9961$.

Выводы. Разработана и изготовлена модернизированная трубка к микроманометру ММН-240(5)-1.0, которая с требуемой точностью определяет динамическое давление и скорость воз-

душного потока, создаваемого вентилятором. Получен сертификат «Узгидрометцентр» Госстандарта Республики Узбекистан (№ 170, 15.03.2017). Найдены эмпирические зависимо-

сти, на основе которых составлена компьютерная программа на базе Excel, позволяющая определить динамическое давление и скорость воз-

душного потока в зависимости от показаний шкалы прибора с требуемой точностью.

Библиографический список

1. Попов, С.Г. Измерение воздушных потоков [Текст] / С.Г. Попов. М.–Л., 1947. 296 с.
2. Физические измерения в газовой динамике и при горении [Текст] / Пер. с англ. Ч. 1–2. М.: Изд-во иностранной литературы, 1957. 483 с.
3. Горлин, С.М. Аэромеханические измерения [Текст] / С.М. Горлин, И.И. Слезингер. М.: Наука, 1964. 720 с.
4. Петунин, А.Н. Приемники для измерения давлений и скорости в газовых потоках [Текст] / А.Н. Петунин // Промышленная аэродинамика. 1960. № 19. С. 78–174.
5. Турбин, Б.Г. Вентиляторы сельскохозяйственных машин [Текст] / Б.Г. Турбин. Л.: Машиностроение, 1968. 159 с.
6. Вайсман, М.Р. Вентиляционные и пневмотранспортные установки [Текст] / М.Р. Вайсман, И.Я. Грубиян. М.: Колос, 1984. 367 с.

Сведения об авторах

1. **Джуроев Джума**, доцент, Каршинский инженерно-экономический институт (КИЭИ), г. Карши, Узбекистан.
2. **Давлетишин Мударис Мубарякианович**, профессор, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, Башкортостан.
3. **Маматов Фармон**, профессор, Каршинский инженерно-экономический институт (КИЭИ), г. Карши, Узбекистан.
4. **Тоиров Илхом**, доцент, Каршинский инженерно-экономический институт (КИЭИ), г. Карши, Узбекистан.
5. **Халилов Мухтор**, старший преподаватель, Каршинский инженерно-экономический институт (КИЭИ), г. Карши, Узбекистан.
6. **Уришев Адхамжон**, ассистент, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (ТИИИМСХ), г. Ташкент, Узбекистан.

В статье приведены результаты научно-исследовательской работы по модернизации трубки к микроманометру ММН-240(5)-1.0 для определения давления и скорости воздушного потока. Описаны устройства и принцип работы модернизированной трубки и приведены результаты ее исследований в приборе ПАТ № 016

и ДМЦ-01.М при определении давления и скорости воздушного потока. По результатам поверки микроманометра ММН-240(5)-1.0 с модернизированной трубкой Госстандартом «Узгидрометцентр» выдан сертификат № 170 (15.03.2017 г.).

D. Jurayev, M. Davletshin, F. Mamatov, I. Toirov, M. Khalilov, A. Urishev

IMPROVED PITOT – PRANDTL TUBE USED TO MEASURE AIR FLOW PRESSURE

Key words: tube; device; air flow; pressure; velocity; fan; sprayer; aspirated psychrometer; micromanometer; accuracy.

Authors' personal details

1. **Dzhuraev Dzhuma**, Associate Professor, Karshi Engineering and Economic Institute, Karshi, Uzbekistan.
2. **Davletshin Mudaris**, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, Bashkortostan.
3. **Mamatov Farmon**, Professor, Karshi Engineering and Economic Institute, Karshi, Uzbekistan.
4. **Toirov Ilkhom**, Associate Professor, Karshi Engineering and Economic Institute, Karshi, Uzbekistan.
5. **Khalilov Mukhtor**, Senior Lecturer, Karshi Engineering and Economic Institute, Karshi, Uzbekistan.
6. **Urishev Adhamjon**, Teaching Assistant, Tashkent Institute of Irrigation and Farm Mechanization Engineers, Tashkent, Uzbekistan.

The article presents the study results on improving the Pitot tube for the MMN-240(5)-1.0 micro-manometer used to measure air flow pressure and velocity. The design and operation principle of the improved tube are described. For the analysis the PAT no. 016 and DMTs-01.M units employed the

study tube to measure air flow pressure and velocity. The operation of the MMN-240(5)-1.0 micro-manometer fitted with the improved tube was examined and certificate no. 170 (dated 03.15.2017) was issued by the State Standard agency of Uzbekistan «Uzhydrometcenter».

© Джураев Д., Давлетшин М.М., Маматов Ф., Тоиров И., Халилов М., Уришев А.

УДК 539.3:636.2

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-116-123

П.В. Дородов, М.Р. Кудрин, А.В. Костин, В.А. Николаев

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНО-ПЕСЧАНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ПОЛОВ КОРОВНИКОВ

Ключевые слова: покрытие пола; стойло; полимерно-песчаная смесь; механические характеристики; прочность; жесткость; ползучесть; сжатие; изгиб; удар; усталость.

Введение. Известно, что применение полимерных композиционных материалов в строительстве и машиностроении даёт значительный экономический эффект, например, позволяет сэкономить от 5 % до 30 % веса проектируемого изделия. Одним из видов композитных материалов является полимерно-песчаная смесь (ППС), к основным преимуществам которой можно отнести: высокую коррозионную и химическую стойкость; возможность использования в условиях повышенной влажности, сезонных и суточных температурных перепадов; возможность поставки в виде отдельно собранных, легко транспортируемых, заменяемых и наращиваемых модульных конструкций; снижение расходов на изготовление изделий, их монтаж и эксплуатацию. Однако внедрение таких изделий требует исследования и подтверждения их свойств соответствующим нормативным требованиям. Полимерно-песчаная плитка характеризуется как прочный, надежный, долговечный материал и в качестве покрытия пола в стойлах для крупного рогатого скота является оптимальным. Однако в местах постоянного нахождения животных плитка подвергается большим местным нагрузкам и механическим воздействиям переменного характера. Это приводит к сокращению срока эксплуатации данного типа полов и повышает процент травмируемых животных. Поэтому при проектировании коровников необходимо обосновать конструкционные параметры плитки при различных видах сопротивления, расчет которых зависит от механических характеристик ППС. В работе представлены результаты исследования механических свойств ППС при статическом сжатии и изгибе, ударе и

циклическом нагружении. Так, удельная прочность ППС при сжатии в 2,4...5,5 раза и в 3,8...12,3 раза ниже по сравнению со сталью и серым чугуном соответственно. Жесткость ППС при сжатии более чем в 1672 и 1338 раз, а при изгибе более чем в 255 и 147 раз ниже по сравнению с углеродистой конструкционной сталью и серым чугуном соответственно. Прочность при ударной нагрузке образцов из ППС в 3,5...13,7 раз выше серого чугуна и соизмерима с некоторыми марками углеродистой конструкционной стали. Удельная усталостная прочность ППС более чем в 4,8 и в 2,3 раза ниже углеродистой конструкционной стали и серого чугуна соответственно.

Сегодня для снижения материалоемкости производства постепенно внедряются дешевые, лёгкие, прочные и долговечные композитные материалы, например полимерно-песчаные изделия, которые вытесняют с рынка устаревшие аналоги, производимые из бетона и металла (рисунков 1).

И это не удивительно – при сравнительно невысокой стоимости полимерно-песчаные элементы не боятся климатических перепадов температуры и влажности, имеют высокую коррозионную и химическую стойкость [1]. Они изготавливаются из дешевого сырья: измельченных полимерных бытовых отходов и речного песка. Ожидаемый срок службы каждой такой детали составляет не менее 10 лет при эксплуатации в самых сложных условиях [2]. Однако внедрение таких изделий, в том числе на предприятиях АПК, требует исследования и подтверждения их свойств соответствующим нормативным требованиям [1–4].

Рисунок 1

Конструкционные элементы из полимерно-песчаной смеси: а) плитка для стойла КРС; б) чаша поилки для КРС; в) строительные элементы; г) элементы водоотведения

Так, исследования свойств различных типов напольного покрытия, параметров микроклимата животноводческих помещений и уровня продуктивности коров в СХПК «Колхоз «Колос» Вавожского района Удмуртской Республики [5] показали, что полимерно-песчаная плитка (рисунок 1а) обладает высоким уровнем практичности за счет стойкости состава к любым проявлениям коррозии, гниения, образованию грибковых отложений, кислот, мха. При этом плитка имеет отличные гидроизолирующие свойства, противоударные показатели и высокую защиту от температурных перепадов различного диапазона. Также выявлено достоверное увеличение удоя коров, в стойлах которых в качестве напольного покрытия использовалась плитка из полимерно-песчаной смеси (ППС). Полимерно-песчаная плитка характеризуется как прочный, надежный, долговечный материал и в качестве покрытия пола в стойлах является оптимальным. Однако в местах постоянного нахождения животных плитка подвергается большим местным нагрузкам и механическим воздействиям переменного характера. Коровы с живой массой, превышающей средний показатель по стаду, «продавливают» своим весом отдельные плиты и за счет непрерывного переступания конечностями способствуют более быстрому истиранию плиток. Это приводит к сокращению срока эксплуатации данного типа полов и потенциально повышает процент травмируемых животных [5]. Поэтому при проектировании коровников необходимо обосновать конструкционные параметры плитки при различных видах сопротивления, расчет которых зависит от механических характеристик ППС.

Целью работы является исследование физико-механических свойств полимерно-песчаных образцов.

В связи с поставленной целью в работе определены следующие **задачи исследования**: провести испытания образцов из ППС при статических и переменных нагрузках; выполнить ударную пробу; рассчитать механические характеристики и дать оценку конструкционной эффективности материала.

Методы механических испытаний регламентированы государственными стандартами и лабораторные исследования ППС проведены в соответствии с ними [6–11]. Образцы ППС были изготовлены из плитки для стойла животноводческих помещений (рисунок 1а).

Результаты исследования. *Испытания на прочность и жесткость при сжатии.* Испытания на сжатие проводились на модернизированной разрывной машине МР-0,5-1 [12, 13], снабженной нагрузочным устройством, представляющим собой опорные плиты с направляющими (рисунок 2).

Рисунок 2

Испытательная машина МР-0,5-1: а) общий вид; 1 – диаграммный аппарат; 2 – динамометр; б) нагрузочное устройство; 3 – исследуемый образец; 4 – опорные плиты

Испытанию подвергалась серия цилиндрических образцов высотой $h = 17,0...17,2$ мм и диаметром $d_0 = 11,5...11,7$ мм (рисунок 3).

Рисунок 3

Образцы на сжатие:

а) до испытания; б) после испытания

На диаграммном аппарате были построены диаграммы сжатия (зависимости нагрузка – укорочение образца). Одна из полученных диаграмм представлена на рисунке 4.

По ординате точки А в масштабе диаграммы определялась нагрузка P_p , соответствующая

пределу пропорциональности. Для исследуемой серии образцов $P_{\Pi 0} = 1733,3 \dots 1900 \text{ Н}$.

Рисунок 4

Диаграмма сжатия полимерно-песчаного образца

По формуле [14]

$$\sigma_j = \frac{4P_j}{\pi d_0^2} \quad (1)$$

были рассчитаны пределы пропорциональности $\sigma_{\Pi} = 16,1 \dots 18,3 \text{ МПа}$. Здесь σ_j – предельное напряжение, P_j – нагрузка, соответствующая пределам пропорциональности, текучести и прочности, d_0 – диаметр образцов.

Форма образца после испытания (рисунок 3б) указывает на то, что материал является упруго-пластичным, однако на диаграммах сжатия отсутствует площадка текучести, поэтому определялся условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ при величине остаточной деформации $0,0002h$. Ордината точки B в масштабе диаграммы представляет собой нагрузку $P_{0,2}$, которая соответствует условному пределу текучести. Исследования показали, что $P_{0,2} = 1866,6 \dots 2033,4 \text{ Н}$, а условный предел текучести, также рассчитанный по формуле (1), $\sigma_{0,2} = 17,4 \dots 19,6 \text{ МПа}$.

В связи с тем, что материал является высокопластичным, разрушение образцов не происходило, они лишь сплющивались, поэтому определялся условный предел прочности $\sigma_{\text{в}}^y$ при деформации образца, равной $h/3$. Такой деформации на диаграмме сжатия (рисунок 4) соответствует точка C, по ординате которой в масштабе можно найти условную разрушающую нагрузку $P_{\text{в}}^y$. Для исследуемых образцов $P_{\text{в}}^y = 2766,5 \dots 3033,4 \text{ Н}$, а соответствующий предел прочности имеет значения $\sigma_{\text{в}}^y = 25,7 \dots 29,2 \text{ МПа}$. Удельная прочность при плотности ППС $\rho = 1594 \text{ кг/м}^3$ составила $\sigma_{\text{в}}^y / \rho = 16 \dots 18 \text{ кПа} \cdot \text{м}^3 / \text{кг}$. Так, для углеродистой конструкционной стали она находится в пределах $\sigma_{\text{в}} / \rho = 43 \dots 88 \text{ кПа} \cdot \text{м}^3 / \text{кг}$, для серого

чугуна при сжатии – $\sigma_{\text{в}} / \rho = 70 \dots 197 \text{ кПа} \cdot \text{м}^3 / \text{кг}$, т. е. удельная прочность ППС в 2,4...5,5 раза и в 3,8...12,3 раза ниже по сравнению со сталью и серым чугуном соответственно.

Также была исследована жесткость материала в упругой зоне нагружения. Как видно из рисунка 4, до точки A справедлив закон Гука, следовательно, можно определить модуль упругости E [14]

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}, \text{ при } \sigma \leq \sigma_{\Pi}, \quad (2)$$

где σ – напряжение; ε – относительная деформация. Однако величина модуля упругости существенно зависит от скорости нагружения и вида сопротивления. Так, при сжатии образца и скорости перемещения активного захвата машины, равной 30 мм/мин , $E = 105,4 \dots 119,6 \text{ МПа}$. Таким образом, жесткость ППС при сжатии более чем в 1672 и 1338 раз ниже по сравнению с углеродистой конструкционной сталью и серым чугуном соответственно.

Исследование ползучести и вязкоупругих свойств. Исследование ползучести проводилось на консольно-нагруженных образцах цилиндрической формы рабочей длиной $l = 100 \dots 105 \text{ мм}$, диаметром $d_0 = 17,7 \dots 17,8 \text{ мм}$ при нагрузке $P = 10 \text{ Н}$ (рисунок 5).

Рисунок 5

Стенд для исследования ползучести образца из ППС:
1 – серга с гирей; 2 – исследуемый образец;
3 – индикатор; 4 – кронштейн

Расчетные напряжения [14] σ в жесткой заделке составили

$$\sigma = \frac{32Pl}{\pi d_0^3} = 1,8 \dots 2,0 \text{ МПа}, \quad (3)$$

где P – нагрузка; l – длина образца; d_0 – диаметр образца.

Затем строились диаграммы ползучести – изменение прогиба w и скорости деформации

dw/dt с течением времени t . На рисунке 6 показаны результаты исследования ползучести круглого образца диаметром 17,77 мм, рабочей длиной 100 мм при нагрузке 10 Н и температуре 20–

25 °С за период времени нагружения 3 часа (180 мин) и на рисунке 7 – за 24 часа нагружения (1440 мин).

Рисунок 6

Исследование ползучести образца из ППС при нагрузке 10 Н за первые 3 часа:

а) диаграмма ползучести; б) график скорости деформации в зависимости от времени нагружения

Рисунок 7

Исследование ползучести образца из ППС при нагрузке 10 Н за 24 часа:

а) диаграмма ползучести; б) график скорости деформации в зависимости от времени нагружения

Проведенный анализ показал, что исследуемый материал является вязкоупругим. Скорость ползучести за первые 0,5...10 минут сравнительно высока и составляет 0,01...0,08 мм/мин, после резко снижается и остается малой (менее 0,009 мм/мин) в течение десятков часов. После снятия внешней нагрузки остаточная деформация составила $w_{ост}=0,71$ мм.

На рисунке 8 представлена диаграмма релаксации образца из ППС. Время релаксации материала, т. е. время, за которое остаточная деформация уменьшается в e раз, составляет 5...10 мин.

Также исследована жесткость материала на консольно-нагруженном образце расчетной длиной $l = 100$ мм, прямоугольным сечением со сторонами $b = 27,2$ мм и $h = 14,7$ мм. На рисунке 9а) представлена графическая взаимосвязь между силой P_j и прогибом w .

Расчетные напряжения в жесткой заделке определялись по выражению [14]

$$\sigma = \frac{6P_i l}{bh^2} < \sigma_{\text{п}} = 16 \text{ МПа}, \quad (4)$$

где P_i – вес i -той гири ($i = 0, 1, 2, \dots$); l – длина образца; b, h – стороны прямоугольного сечения образца.

Рисунок 8

Диаграмма релаксации образца из ППС

Здесь для определения модуля упругости E была использована примерная формула [14]:

$$E = \frac{4l^3}{bh^3} \frac{dP}{dw}, \quad (5)$$

где изменение нагрузки от прогиба dP/dw графически представлено на рисунке 9б.

Рисунок 9

Исследование жесткости консольно-нагруженного образца из ППС:
а) диаграмма нагрузка-прогиб; б) зависимость изменения жесткости ППС от нагрузки;
1, 3 – при внезапно приложенной нагрузке; 2, 4 – через одну минуту после нагружения

Для исследуемого материала при внезапно приложенной нагрузке модуль упругости меняется в пределах $E = 337,96...784,71$ МПа, а через одну минуту после нагружения – $E = 168,05...417,12$ МПа, т. е. жесткость при внезапно приложенной нагрузке в 1,9...2 раза выше по сравнению со статической нагрузкой, что согласуется с теоретическими расчетами (коэффициент динамичности $k_d = 2$) [14, 15]. Жесткость ППС при изгибе более чем в 255 и 147 раз ниже по сравнению с углеродистой конструкционной сталью и серым чугуном соответственно.

Испытания на удар проводились на маятниковом копре КМ-30 при температуре 20–25 °С над партией однотипных образцов в количестве 6 штук длиной $l = 84,4...100,2$ мм, диаметром $d_0 = 14,46...17,76$ мм (рисунок 10).

Рисунок 10

Исследуемый образец на ударную пробу:
а) до удара; б) после удара

Полученная величина ударной вязкости a для исследуемого материала находится в пределах 242,3...548,3 кДж/м². Таким образом, прочность при ударной нагрузке образцов из ППС в 3,5...13,7 раз выше серого чугуна ($a = 40...70$ кДж/м²) и соизмерима с некоторыми

марками углеродистой конструкционной стали ($a = 380...880$ кДж/м²).

Испытания на усталость. Для определения усталостной долговечности испытывалась серия образцов (рисунок 11а) рабочей длиной $l = 102,0...105,0$ мм и диаметром $d_0 = 17,7...17,8$ мм в количестве 10 штук до полного их разрушения (рисунок 11б) на машине УКИ-10 М (рисунок 12).

Рисунок 11

Образец для исследования на усталость: а) до разрушения; 1 – исследуемый материал; 2 – головка под подшипник с серьгой для гирь; б) после разрушения

По результатам испытаний строилась диаграмма максимальных напряжений σ в зависимости от числа циклов до разрушения N (кривая усталости), изображенная на рисунке 13.

Максимальные напряжения для консольно-нагруженного образца в жесткой заделке определялись по формуле (3)

$$\sigma = \frac{32P_i l}{\pi d_0^3},$$

где P_i – вес гири; l – длина образца; d_0 – диаметр образца.

Рисунок 12

Усталостные испытания: а) испытательная машина УКИ-10 М; 1 – гиря; 2 – тумблер для выбора скоростного режима; 3 – счетчик числа оборотов (циклов); 4 – нагруженный образец; б) разрушенный образец

Для построения теоретической кривой усталости использовалось известное ее представление в виде уравнения [14, 16]

$$\sigma^m N = C, \quad (6)$$

где m , C – постоянные и для $N = 1$ принято значение условного предела текучести $\sigma_{0,2} = 17,4 \dots 19,6$ МПа.

Исследование уравнения (6) в контрольных точках экспериментальных значений (на рисунке 13 отмечены маркерами) позволило рассчитать предельные значения постоянных: $m = 15,1 \dots 19,43$; $C = 3,26 \cdot 10^{19} \dots 1,27 \cdot 10^{24}$ Па ^{m} .

Рисунок 13
Диаграмма усталости

Тогда из уравнения (6) можно рассчитать предел выносливости при симметричном цикле σ_{-1} , задавшись базовым числом N_b . В сравнении со стальными образцами, для которых принято $N_b = 10^7$ циклов [14, 16], получаем $\sigma_{-1} = 5,78 \dots 6,74$ МПа. Таким образом, можно записать эмпи-

рическое соотношение между пределом выносливости и условным пределом прочности в виде

$$\sigma_{-1} = (0,19 \dots 0,26) \sigma_B^y. \quad (7)$$

Для стали принято следующее соотношение $\sigma_{-1} = (0,4 \dots 0,5) \sigma_B$ [14, 16].

Таким образом, удельная усталостная прочность σ_{-1} / ρ ППС более чем в 4,8 и в 2,3 раза ниже углеродистой конструкционной стали и серого чугуна соответственно.

Выводы.

1. Удельная прочность ППС при сжатии составила $\sigma_B^y / \rho = 16 \dots 18$ кПа·м³/кг, т. е. в 2,4... 5,5 раза и в 3,8... 12,3 раза ниже по сравнению со сталью и серым чугуном соответственно. С целью предотвращения появления остаточной деформации и потери несущей способности изделий из ППС расчетные напряжения при статической нагрузке необходимо ограничить наименьшей величиной предела пропорциональности ($\sigma \leq 16$ МПа), а при переменном характере нагружения – пределом выносливости ($\sigma \leq 5$ МПа).

2. Жесткость ППС при сжатии более чем в 1672 и 1338 раз, а при изгибе более чем в 255 и 147 раз ниже по сравнению с углеродистой конструкционной сталью и серым чугуном соответственно. Жесткость ППС при внезапно приложенной нагрузке в 1,9... 2 раза выше по сравнению со статической нагрузкой.

3. Исследуемый материал является вязкоупругим. Скорость ползучести за первые 0,5... 10 минут сравнительно высока и составляет 0,01... 0,08 миллиметров прогиба в минуту (для консольно-нагруженных образцов длиной 100... 105 мм, диаметром 17,7... 17,8 мм при нагрузке 10 Н), после резко снижается и остается малой (менее 0,009 мм/мин) в течение десятков часов. Время релаксации материала составляет 5... 10 мин.

4. Ударная вязкость образцов из ППС находится в пределах 242,3... 548,3 кДж/м², что в 3,5... 13,7 раз выше серого чугуна и соизмерима с некоторыми марками углеродистой конструкционной стали.

5. Удельная усталостная прочность σ_{-1} / ρ ППС более чем в 4,8 и в 2,3 раза ниже углеродистой конструкционной стали и серого чугуна соответственно.

Исследованные механические свойства и полученные механические характеристики необходимо использовать при расчете и проектировании изделий из ППС при различных видах сопротивления.

Библиографический список

1. Михайлин, Ю.А. Конструкционные полимерные композитные материалы [Текст] /

Ю.А. Михайлин. СПб.: Научные основы и технологии, 2010. 822 с.

2. Нефтехимия Российской Федерации. 2014. № 2 (23). С. 23–25.
3. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике [Текст]: науч. издание / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, М.Н. Ерохин и др. М.: Росинформагротех, 2011. 248 с.
4. Система машин и оборудования для реализации инновационных технологий в растениеводстве и животноводстве Республики Башкортостан [Текст]: монография / И.И. Габитов, С.Г. Мударисов, Р.Р. Исмагилов и др. Уфа: Башкирский ГАУ, 2014. 327 с.
5. Мартынова, Е.Н. Покрытие пола в коровниках как один из факторов, влияющих на поведенческие реакции животных [Текст] / Е.Н. Мартынова, Е.А. Ястребова // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2016. № 8. С. 27–32.
6. Костин, П.П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов [Текст] / П.П. Костин. М.: Машиностроение, 1990. 256 с.
7. Афанасьев, А.М. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов [Текст] / А.М. Афанасьев, В.А. Марьин. М.: Наука, 1975. 287 с.
8. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов [Текст]: учеб. пособие для вузов / Ю.М. Вольмир, Ю.П. Григорьев, В.А. Марьин, А.И. Станкевич. М.: МАИ, 1997. 325 с.
9. Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований [Текст]: учеб. пособие / В.Э. Вильдеман, А.В. Бабушкин,

М.Н. Третьяков и др.; под ред. В.Э. Вильдемана. Пермь: ПНИПУ, 2011. 164 с.

10. ГОСТ 25.602-80. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на сжатие при нормальной, повышенной и пониженной температурах [Текст]. М.: Изд-во стандартов, 1981. 12 с.
11. ГОСТ 14359-69. Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования [Текст]. М.: Изд-во стандартов, 1970. 19 с.
12. Дородов, П.В. Повышение надежности сельскохозяйственных машин путем оптимизации формы их деталей [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / П.В. Дородов. М., 2015. 327 с.
13. Дородов, П.В. Комплексный метод расчета и оптимального проектирования деталей машин с концентраторами напряжений [Текст]: монография / П.В. Дородов. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2014. 316 с.
14. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов [Текст] / Н.М. Беляев. М.; Л.: Гостехиздат, 1951. 856 с.
15. Дородов, П.В. Расчет деталей машин с концентраторами напряжений и оптимизация их формы [Текст] / П.В. Дородов. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2018. 187 с.
16. Серенсен, С.В. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность [Текст]: руководство и справочное пособие / С.В. Серенсен, В.П. Когаев, Р.М. Шнейдерович. М.: Машиностроение, 1975. 488 с.

Сведения об авторах

1. **Дородов Павел Владимирович**, доктор технических наук, профессор кафедры теоретической механики и сопротивления материалов, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: pvd80@mail.ru.
2. **Кудрин Михаил Романович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частного животноводства, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11.
3. **Костин Александр Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11, e-mail: kostin13@mail.ru.
4. **Николаев Владимир Александрович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частного животноводства, ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11.

Исследованы физико-механические свойства одного из видов композитных материалов – полимерно-песчаной смеси (ППС) для использования в строительстве в качестве покрытия пола в стойлах для крупного рогатого скота. Проведены испытания образцов полимерно-песчаной смеси при статических и переменных нагрузках, выполнена ударная проба, рассчи-

таны механические характеристики и дана оценка конструкционной эффективности материала. Установлено, что полимерно-песчаная плитка характеризуется как прочный, надежный, долговечный материал. Исследуемый материал является вязкоупругим. Ударная вязкость образцов из ППС находится в пределах 242,3–548,3 кДж/м², что в 3,5–13,7 раз выше

серого чугуна и соизмерима с некоторыми марками углеродистой конструкционной стали. Исследованные механические свойства и получен-

ные механические характеристики возможно использовать при расчете и проектировании изделий из ППС при различных видах сопротивления.

P. Dorodov, M. Kudrin, A. Kostin, V. Nikolaev

INVESTIGATION INTO PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMERIC SAND USED FOR COWSHED FLOORING

Key words: *flooring; stall; polymeric sand; mechanical characteristics; strength; hardness; plastic flow deformation; compression; bending; impact; fatigue.*

Authors' personal details

1. **Dorodov Pavel**, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Theoretical Mechanics and Strength of Materials, Izhevsk State Agricultural Academy, 11, Studencheskaya St., Izhevsk, Udmurt Republic, 426069, e-mail: pvd80@mail.ru.

2. **Kudrin Mikhail**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Private Farm Animal Production, Izhevsk State Agricultural Academy, 11, Studencheskaya St., Izhevsk, Udmurt Republic, 426069.

3. **Kostin Alexander**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Theoretical Mechanics and Strength of Materials, Izhevsk State Agricultural Academy, 11, Studencheskaya St., Izhevsk, Udmurt Republic, 426069, e-mail: kostin13@mail.ru.

4. **Nikolaev Vladimir**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Private Farm Animal Production, Izhevsk State Agricultural Academy, 11, Studencheskaya St., Izhevsk, Udmurt Republic, 426069.

Physical and mechanical properties of the polymeric sand used as floor covering in cattle stalls were investigated. Samples of the polymeric sand were tested under static and dynamic stress, an impact test was done, mechanical characteristics were measured, and the material structural efficiency was evaluated. The polymeric sand tile appeared strong, reliable and durable material. The study material exhibited viscoelasticity. The polymeric sand samples

demonstrated impact viscosity in the range 242,3–548,3 kJ/m². The figure was 3,5–13,7 times higher than that of gray cast iron and was comparable with some classes of carbon structural steel. Mechanical properties of the polymeric sand were analysed. The characteristics revealed in the analysis can be used in dimensioning and designing products made from polymeric sand under various strength indices.

© Дородов П.В., Кудрин М.Р., Костин А.В., Николаев В.А.

УДК 631.316.5

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-123-129

А.А. Михайлин, В.П. Максимов

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ БОГАРНЫХ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЮЖНЫХ РАЙОНАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ИННОВАЦИОННЫМ ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЕМ ГНЧ-0,6М

Ключевые слова: *глубокорыхлитель; чизель; переуплотнение; богарные земли; склон; аккумуляция влаги; урожайность.*

Введение. За последние 30 лет в Российской Федерации переуплотнение пахотных земель превысило 10 млн га. Причиной этого являются многократные проходы энергонасыщенной тех-

ники по полям. За последние 40 лет под воздействием тяжелых машин почвы стали плотнее на 20 % [1]. Под воздействием техногенной нагрузки возникает накопление остаточных де-

формаций уплотнения не только в пахотном, но и в подпахотном слоях почвы. В результате переуплотнения образуется «плужная подошва», что препятствует проникновению воды вглубь почвы в дождливую погоду и при больших поливных нормах. Происходит нерациональная потеря влаги на испарение при засухе и снижение инфильтрационных показателей к поверхностному стоку на склоновых землях, нарушается капиллярный приток влаги из более глубоких слоев к поверхности. Очевидно, что для реализации планов по повышению продуктивности пахотных земель России необходимо создание новых технических средств, обеспечивающих обработку почвы на глубину до 80 см при снижении энергоемкости их функционирования.

Цели и задачи исследования. Исследования показывают, что в результате переуплотнения земель образуется подпахотный уплотненный слой на глубине 25...60 см, плотность которого достигает 1,4–1,5 г/см³, а местами и 1,7 г/см³ [2]. Этот переуплотненный слой препятствует проникновению в почву воды и воздуха, приводит к снижению коэффициента фильтрации и воздухопроницаемости в 5–15 раз [1]. В такой почве практически прекращаются все почвообразовательные процессы. По данным А.Г. Бондарева [3, 4], Е.Н. Лиманского [5], чем сильнее уплотняется почва при одном и том же виде и характере техногенного воздействия, тем медленнее происходит ее естественное разуплотнение. Проблема продуктивности равнинных и отчасти склоновых земель исследовалась многими учеными: А.И. Бараевым, А.А. Коршиковым, Н.А. Ивановой, И.М. Пановым, В.В. Бледных, П.Г. Свечниковым, А.В. Бауковым, В.И. Ветохиным и др. На данном этапе развития агротехники разработаны многие приемы по задержанию талых вод и атмосферных осадков на склонах. Среди них: террасирование, устройство естественных преград на обрабатываемом склоне, мульчирование, щелевание и др. Однако все они либо очень дороги и трудоемки, либо малоэффективны. В моделировании явления переноса влаги в почве используют понятие порозности, которая непосредственно зависит от плотности и физико-механических свойств почвы.

Целью исследования является повышение продуктивности пахотных земель путем восстановления их плодородия посредством глубокого безотвального рыхления и оптимизации воздействий на элементы конструкции глубоких рыхлителей.

Задачи исследований: разработка ресурсосберегающей технологии обработки склоновых земель, предусматривающей глубокое рыхле-

ние, направленное на снижение эрозионных процессов на орошаемых и богарных землях; разработка нового технического решения глубоких рыхлителей; оценка количественных показателей урожайности в результате применения предлагаемых орудия и технологии.

Условия, материалы и методы исследования. Создание необходимых условий для водопроницаемости возможно соответствующими рабочими органами за счет механического крошения переуплотненных горизонтов на почвенные комки соответствующих размеров. Интегральным показателем экономических функций почвы является биологическая продуктивность – урожай, которая определяется главным образом применением различных видов мелиораций. В рассматриваемом случае имеет место мелиорация переуплотненных склоновых земель, которые после рыхления получают новую эволюцию и возможность реализации новых технологических процессов, обеспечивающих глобальную цель повышения урожайности. Исходя из этого, одним из наиболее подходящих технических приемов по качественному улучшению плодородия склоновых земель будет новый способ глубокой безотвальной обработки [6], способствующий аккумуляции атмосферных осадков в толще обрабатываемого слоя до 0,6 м. Это является основой в разработке мелиоративной ресурсосберегающей технологии обработки склоновых земель.

Методы исследований. Применен интегрированный подход к исследованию: проектирование глубоких рыхлителей; анализ плотности почвы после рыхления; сравнительный анализ урожайности после применения предлагаемой технологии.

Результаты исследования. На сегодняшний день отсутствуют специализированные способы эффективного возделывания сельскохозяйственных культур на склоновых землях. Вследствие этого нет орудий для основной обработки почвы на основе глубокого рыхления для обработки склоновых земель, направленные на создание устойчивых биоагроценозов на склонах. До сегодняшнего времени отечественными учеными [7–12] и др. не рассматривалось создание эффективных технологий, направленных на обработку склоновых земель, следовательно, не разрабатывались сельскохозяйственные специализированные орудия для глубокой безотвальной обработки склонов или универсальные, применяемые на равнинных участках и с некоторой модификацией на склонах. Таким образом, чизелевание на переуплотненных склонах необходимо проводить так, чтобы производилось разрыхление переуплотненных почв без

оборота пласта, одновременно с аккумулярованием внутрипочвенной влаги на склоне.

В текущее время на полях применяются почвообрабатывающие орудия без оборота пласта с глубиной обработки до 40–45 см. Но этого оказывается недостаточно, так как поперечная проекция образующейся области разрыхления является неоптимальной [13].

В рамках исполнения Указа Президента Российской Федерации от 21 июля 2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» была разработана конструкция и техническая документация экспериментального орудия для безотвальной глубокой обработки почвы до 0,6 м – глубокорыхлителя навесного чизельного ГНЧ-0,6М (заявка № 2017140567). Глубокорыхлитель ГНЧ-60М изготовлен в металле и испытан в производственных условиях [13, 14]. На рисунке 1 показаны: рама

(1); стойка (2); смежные рыхлящие грани (3); наральник (4); почвоподъемные пластины (грунтоподъемники) (5); шарнир (6); культиваторная лапа (7). Установка исследуемых элементов системы – деформаторов орудия – приведена на рисунке 2.

Рисунок 1
Рабочий орган универсального глубокорыхлителя навесного чизельного типа ГНЧ-0,6М

Рисунок 2
Наральник

Отличительной особенностью разработанного орудия является формирование оптимальной для корневой системы растений зоны разрыхления, что достигается соответствующими геометрическими и топологическими параметрами формы стойки глубокорыхлителя, дополнительных грунтоподъемников и наральника, устанавливаемых на стойке орудия.

В результате проведенных нами исследований установлено, что форма стойки глубокорыхлителя в поперечной проекции должна оставаться не сглаженной, а ломаной, как на прототипе. Это необходимо для повышения качества крошения разуплотняемого пласта. Почва на глубине 30–60 см зачастую имеет очень высокую плотность – 1,9–2,2 г/см³, такая консолидированность почвенных комочков обеспечивает целостность большим кускам земли, отломаным от разуплотняемого пласта, попросту скользить по гладкому профилю стоек без разрушения. Это приводит к их вывороту на дневную поверхность кусков из сверхпереуплотненной почвы, которые находились в нижних гори-

зонтах разуплотняемого слоя. Использование стойки с ломаным профилем позволяет увеличить разрушающее воздействие на сверхплотные отдельные глыбы, которые будут упираться в переходные углы стойки, что способствует возникновению в комьях дополнительных разрушающих деформаций. При этом углы развала с фронтальной стороны стойки не должны создавать излишнего налипания на стойку, а фронтальная часть стойки должна быть заострена.

В процессе рыхления первая задействованная часть – это наральник. Практически у всех глубокорыхлителей он имеет форму долота. Но для глубокорыхлителей, рыхлящих на глубину 50 см и более, такая форма наральника является очень энергозатратной – резко повышается тяговое сопротивление при рыхлении почв. Также, согласно теории резания грунта, резание грунтов долотом позволяет получать стружку, которая наползает по фронтальной плоскости долота, что не является в данном случае необходимым критерием. В условиях сплошной переуплотненной среды с большой пригрузкой не

Заострённый носок наральника также способствует снижению тягового сопротивления при обработке почвы и лучше создаёт гребнистый профиль борозды. Исходя из изложенного нами, был спроектирован наральник с заострённой носовой частью и гранённой поверхностью атаки, как показано на рисунке 2. Грунтоподъёмники имеют форму трапеции, у которой наклонная сторона внутренняя, обращённая к стойке, длина грани BC 210 мм. Ширина грунтоподъёмника по наружной стороне равна 140 мм, ширина по внутренней стороне грунтоподъёмника – грань DE – 105 мм (рисунок 3). Толщина грунтоподъёмников 7 мм. Грань $ABDE$ грунтоподъёмник является внутренней (медиальной) и прилежит к стойке орудия.

грунтоподъёмник двумя винтами под потай к крепёжной лапе, приваренной к стойке глубокорыхлителя. Исследования проводились в период 2016–2018 гг. на полях ФГБУ ВО Донской УНПК «Учхоз Зерновое» Донского государственного аграрного университета, в Зерноградском районе Ростовской области. Основной почвенной разностью этого региона являются карбонатные чернозёмы, в которых содержание гумуса 3,2–3,3 %. Среднегодовое значение по количеству осадков 560–600 мм. Средняя температура воздуха 9,6 °С. Влажность воздуха в среднем 56 %. Обрабатываемое поле имеет уклон до 5°.

Глубокая безотвальная обработка проводилась в октябре 2016 г. Натурный эксперимент проводился при основной глубокой обработке почвы на глубину 0,55–0,6 м на фоне возделывания ярового ячменя. Площадь опытного участка составила 16 га, контроль – 70 га.

На рисунке 5 показаны два сравниваемых вида обработки, слева – глубокое рыхление на глубину 55–60 см (опыт), справа – вспашка + дискование (контроль). Результаты исследований по биологической урожайности в 2017 году показаны на контроле в таблице 1 и опыте в таблице 2 (взятие проб 03.06.2017 г.). На рисунке 6 показан ячмень на контроле 06.06.2017 г. На рисунке 7 показано развитие ячменя на опытном участке на 06.06.2017 г.

Проведенные натурные исследования показали, что глубокое безотвальное рыхление экспериментальным глубокорыхлителем чизельного типа ГНЧ-0,6М увеличило биологическую урожайность выращиваемых посевных культур в 2017 году на примере ярового ячменя до 22,10 % и повышает массу соломы на 24,18 % по сравнению с контролем. В следующем, 2018 году на этом же поле проводились замеры биологической урожайности озимой пшеницы. Исследовалось влияние последствий глубокой обработки экспериментальным чизелем ГНЧ-0,6М на урожайность посевных культур. Результаты исследований по биологической урожайности в 2017 году показаны на контроле в таблице 3 и опыте в таблице 4 (взятие проб 04.06.2018 г.).

Рисунок 5
Опытный и контрольный участки, ноябрь 2016 г.

Таблица 1 Яровой ячмень (контроль), 2017 г.

Показатель	1 (0,25 м ²)	2 (0,25 м ²)	3 (0,25 м ²)	4 (0,25 м ²)	Сумма (1 м ²)
Кол-во растений с корнем, шт.	55	63	50	70	238
Масса соломенной части с колосом, г	290	335	279	390	1294
Кол-во продуктивных колосьев, шт.	135	214	181	172	702
Масса чистого зерна с колосьев, г	112,96	119,03	108,94	130,65	471,58
Масса одного колоса, г	0,51	0,60	0,48	0,64	Средн. 0,58
Масса 1000 зерен, г	46,24	42,33	46,32	43,39	178,28
Количество зерен в одной повторности, шт.	2443	2812	2352	3011	11059
Кол-во зерен в колосе, шт.	16	14	17	14	Средн. 15
Масса соломы, г	210,42	224,51	171,95	253,31	860,19
Биологическая урожайность, ц/га	–				47,16

Таблица 2 Яровой ячмень (опыт), 2017 г.

Показатель	1 (0,25 м ²)	2 (0,25 м ²)	3 (0,25 м ²)	4 (0,25 м ²)	Сумма (1 м ²)
Кол-во растений с корнем, шт.	57	70	63	75	265
Масса соломенной части с колосом, г	316	430	410	418	1574
Кол-во продуктивных колосьев, шт.	161	216	175	208	760
Масса чистого зерна с колосьев, г	127,83	146,24	135,68	166,11	575,86
Масса одного колоса, г	0,74	0,70	0,73	0,71	Средн. 0,72
Масса 1000 зерен, г	49,11	47,73	45,56	53,88	196,28
Количество зерен в одной повторности, шт.	2603	3064	2978	3083	11728
Кол-во зерен в колосе, шт.	15	17	16	16	Средн. 16
Масса соломы, г	227,64	283,80	254,12	302,59	1068,15
Биологическая урожайность, ц/га	–				57,58

Рисунок 6
Яровой ячмень (контроль), 2017 г. Рисунок 7
Яровой ячмень (опыт), 2017 г.

Таблица 3 Озимая пшеница (контроль), 2017 г.

Показатель	1 (0,25 м ²)	2 (0,25 м ²)	3 (0,25 м ²)	4 (0,25 м ²)	Сумма (1 м ²)
Кол-во растений с корнем, шт.	35	67	53	57	212
Масса соломенной части с колосом, г	289	420	335	339	1383
Кол-во продуктивных колосьев, шт.	135	214	181	172	702
Масса чистого зерна с колосьев, г	93,77	130,55	124,92	102,05	451,29
Масса одного колоса, г	0,73	0,60	0,68	0,63	Средн. 0,68
Масса 1000 зерен, г	46,24	42,33	46,32	43,39	Средн. 44,5
Кол-во зерен в одной повторности, шт.	2028	3084	2697	2352	10280
Кол-во зерен в колосе, шт.	15	14	15	14	Средн. 15
Масса соломы, г	189,40	254,51	212,12	226,95	904,91
Соотношение солома/зерно	2,02	1,95	1,70	2,21	Средн. 1,97
Биологическая урожайность, ц/га	–				45,13

Таблица 4 Озимая пшеница (опыт), 2017 г.

Показатель	1 (0,25 м ²)	2 (0,25 м ²)	3 (0,25 м ²)	4 (0,25 м ²)	Сумма (1 м ²)
Кол-во растений с корнем, шт.	58	68	50	71	247
Масса соломенной части с колосом, г	330	355	420	279	1384
Кол-во продуктивных колосьев, шт.	161	216	183	169	729
Масса чистого зерна с колосьев, г	124,89	147,15	112,58	135,19	519,81
Масса одного колоса, г	0,74	0,69	0,78	0,61	Средн. 0,68
Масса 1000 зерен, г	49,11	47,73	45,56	43,88	Средн. 46,5
Кол-во зерен в одной повторности, шт.	2543	3083	2471	3081	11178
Кол-во зерен в колосе, шт.	16	15	17	16	Средн. 16
Масса соломы, г	212,42	272,80	277,31	230,59	993,12
Соотношение солома/зерно	1,7	1,85	2,46	1,71	Средн. 1,93
Биологическая урожайность, ц/га	–				51,98

Вывод. В результате проведенных исследований последствия глубокого рыхления на глубину 60 см экспериментальным чизелем ГНЧ-0,6М выявлено, что на опытном участке получена биологическая урожайность 51,98 ц/га, что на 13,2 % больше, чем на контроле (45,13 ц/га). При этом прибавка урожайности в последующем году на опытном участке снизилась с 22,10 % до 13,2 %. Отсюда следуют практиче-

ские рекомендации: – для поддержания высокой урожайности посевных культур, в зависимости от климатических и почвенных условий места проведения, мелиоративные мероприятия по глубокому рыхлению на глубину до 0,6 м экспериментальным навесным глубокорыхлителем чизельного типа ГНЧ-0,6М следует проводить один раз в два года.

Библиографический список

1. Доклад о состоянии и использовании земель в 2015 г. [Текст]. М.: Росинформагротех, 2017. 196 с.
2. Михайлин, А.А. Разуплотнение подпахотного слоя почвы в зоне орошения глубокорыхлителем чизельного типа [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 и 05.20.01 / А.А. Михайлин. Новочеркасск, 2003. 123 с.
3. Бондарев, А.Г. Некоторые пути определения оптимальных параметров агрофизических свойств почв [Текст] / А.Г. Бондарев, В.В. Медведев // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв: Бюллетень // Почвенный институт им. В.В. Докучаева. М., 1980. С. 85–98.
4. Бондарев, А.Г. Переуплотнение почв сельскохозяйственной техникой, прогноз явления и процессы разуплотнения [Текст] / А.Г. Бондарев, И.В. Кузнецова, П.М. Сапожников // Почвоведение. 1994. № 4. С. 58–64.
5. Лиманский, Е.Н. Рыхлители для безотвальной обработки почв [Текст] // Гидротехника и мелиорация. 1985. № 12. С. 59.
6. Михайлин, А.А. Способ обработки склоновых почв [Текст]. Патент на изобретение RU 2255450 29.03.2002.
7. Божко, И.В. Разработка комбинированного рабочего органа для послыйной безотвальной обработки почвы [Текст] / И.В. Божко, Г.Г. Пархоменко, А.В. Громаков, С.И. Камбулов, В.Б. Рыков // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 8. С. 3–6.
8. Рыков, В.Б. Ресурсосберегающие машинные технологии обработки почвы и технические средства для АПК юга России [Текст] / В.Б. Рыков // Вестник аграрной науки Дона. 2011. Т. 1. № 13. С. 31–38.
9. Рыков, В.Б. Механико-технологическое обоснование технических средств и агрегатов для обработки почвы в условиях засушливого земледелия юга России [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / В.Б. Рыков. М., 2001. 340 с.
10. Борисенко, И.Б. Новые технологии обработки почвы [Текст] / И.Б. Борисенко, Е.А. Иванцова, Ю.Н. Плескачев, А.Н. Сидоров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1. С. 14–16.
11. Бледных, В.В. Плоскорежущие рабочие органы для качественной обработки почвы [Текст] / В.В. Бледных, П.Г. Свечников, М.М. Мухаматнуров // Научные проекты южно-уральского государственного аграрного университета. Челябинск, 2016. С. 44–47.
12. Мазитов, Н.К. Влагоаккумулирующая техника и технология обработки почвы и посева в условиях Поволжья, Предуралья и Северного Кавказа [Текст] / Н.К. Мазитов, Л.З. Шарафиев // Рекомендации по прорывным решениям по импортозамещению в АПК. Казань, 2016. С. 179.
13. Михайлин, А.А. К вопросу об определении параметров области разрыхления [Текст] / А.А. Михайлин, М.А. Бандурин, С.В. Филонов // Инженерный вестник Дона. 2015. № 4-2 (39).
14. Михайлин, А.А. Влияние технических характеристик орудия на показатели качества глубокого разрыхления орошаемых земель [Текст] / А.А. Михайлин, В.П. Максимов, И.В. Клименко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 3 (11). С. 134–147.

Сведения об авторах

1. **Михайлин Андрей Андреевич**, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», 346428, Российская Федерация, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132, e-mail: 1Andreymih@gmail.com.

2. **Максимов Валерий Павлович**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», 346428, Российская Федерация, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132, e-mail: v_maximov@mail.ru.

При моделировании явлений переноса влаги в почве используют понятие порозности, которая непосредственно зависит от плотности и физико-механических свойств почвы. Создание необходимых условий для водопроницаемости возможно соответствующими рабочими органами за счет механического крошения переуплотненных горизонтов на почвенные комки соответствующих размеров. Интегральным показателем экономических функций почвы является биологическая продуктивность – урожай – которая определяется главным образом применением различных видов мелиораций. В рассматриваемом случае имеет место мелиорация переуплотненных склоновых земель, которые после рыхления получают новую эволюцию и возможность реализации новых технологических процессов, обеспечивающих глобальную

цель повышения урожайности. Приведены оценки эффективности различных способов обработки почв. Рассмотрена содержательность почвенно-мелиоративной агротехники на основе внутрипочвенного рыхления. Показаны данные экспериментальных исследований инновационного глубокорыхлителя ГНЧ-0,6М, включающие сравнительные показатели урожайности ярового ячменя на склоновых землях после обработки почвы предложенным устройством и прототипом. В результате проведенных исследований последствия глубокого рыхления на глубину 60 см выявлено, что для поддержания высокой урожайности посевных культур в климатических и почвенных условиях места проведения мелиоративные мероприятия по глубокому рыхлению на глубину до 0,6 м следует проводить один раз в два года.

A. Mikhaylin, V. Maksimov

EVALUATION OF TREATMENT EFFICIENCY OF RAIN-FED SLOPING LAND IN THE SOUTHERN DISTRICTS OF THE ROSTOV REGION BY THE INNOVATIVE CHISEL PLOW ГНЧ-0,6М

Key words: *chisel plow; chisel; over-compaction; rain-fed lands; slope; accumulation of moisture; yield.*

Authors' personal details

1. **Mikhaylin Andrey**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, South-Russian State Polytechnic University named after M.I. Platov, e-mail: mih_2005@rambler.ru.

2. **Maksimov Valeriy**, Doctor of Technical Sciences, Professor, South-Russian State Polytechnic University named after M.I. Platov, e-mail: v_maximov@mail.ru.

The modeling of the events of moisture transfer in the soil uses the concept of porosity, which directly depends on the density and physical and mechanical properties of the soil. The creation of the necessary conditions for water permeability is possible by the relevant working bodies due to the mechanical crumbling of the over-compacted horizons into soil lumps of the appropriate size. An integral indicator of the economic functions of the soil is the biological productivity – yield, which is determined mainly by the use of different types of reclamation. In this case, there is a reclamation of reclaimed slope land, which after loosening receives a new evolution and the possibility of implementing new technological processes providing a global goal of

increasing yields. The estimates of the effectiveness of different methods of soil treatment are given. The content of soil-reclamation agricultural engineering on the basis of soil loosening is considered. The data of experimental studies of innovative deep-loosener ГНЧ-0,6М, including comparative indicators of yield of spring barley on slope lands after tillage by the proposed device and prototype are shown. As a result of the studies of the aftereffect of deep loosening to a depth of 60 cm, it was found that in order to maintain a high yield of crops, in climatic and soil conditions of the venue, reclamation measures for deep loosening to a depth of 0,6 m should be carried out once every two years.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ВИНОГРАДНОГО СЫРЬЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

Ключевые слова: виноградные ягоды; сок; отжим; нож-рассекатель; измельчитель.

Введение. В настоящее время все чаще встает вопрос обеспечения всех слоев населения здоровым питанием. В то же время удельная нагрузка в биосферу постоянно возрастает и вынуждает непрерывно интенсифицировать производство пищевых продуктов, необходимых человеку для его здоровья и долголетия [7–8]. Решением этой проблемы была бы безотходная переработка животного и растительного сырья (биомассы), когда бы и потребляемый продукт, и отходы жизнедеятельности, и органические отходы возвращались обратно в биосферу. Большое количество вовремя переработанных овощей и фруктов превращается в непригодные отходы и ухудшают экологию. В связи с этим при-

менение передовых технологий и конструктивное совершенствование установок для переработки овощей и фруктов является одним из решений народнохозяйственных задач.

Цель исследования – установление аналитического выражения, описывающего энергопотребление при отжиме сока в зависимости от формы-ножа-рассекателя.

Задачи исследований: 1. Установить основные факторы, влияющие на энергопотребление; 2. Обосновать форму ножа-рассекателя.

Условия, материалы и методы исследования. В Самарском ГАУ разработана установка для отжима сока из различных видов фруктов и овощей, представленная на рисунке 1 [1, 2].

Рисунок 1

Установка для отжима сока из овощей и фруктов:

1 – загрузочный бункер; 2 – приводной вал; 3 – остроконечные пальцы; 4 – противорежущая пластина; 5 – цилиндр пресс-экструдера; 6, 7 – лотки для сбора сока; 8 – шнек; 9 – зерновая камера; 10 – электродвигатель

На данной установке отжим сока производится, в отличие от известных технологий [3–6], в два этапа: первичный (мягкий) отжим путем раздавливания исходного материала и завершающий (жесткий) отжим за счет экструзионной обработки квазитвердого остатка.

Способ отжима виноградного сока осуществляется следующим образом: гроздья винограда подаются в загрузочный бункер 1, где захватываются остроконечными пальцами 3, продавливаются через противорежущие пластины 4, происходит выдавливание сока, который самотеком через воронку 6 поступает в емкость

(на чертеже не показана). Далее твердая масса захватывается шнеком 8 и транспортируется внутри цилиндра 5 пресс-экструдера, где под действием сил внутреннего трения при вращении шнека 8 в экструдированной массе создается давление, за счет чего происходит вторичный отжим сока из твердой фракции, состоящей из измельченных гроздей, ягод и оболочки винограда, которые через щели зерновой камеры 9 стекают по лотку 7 в емкость.

Результаты исследований. В измельчителе для отжима сока из виноградного сырья работа по разрушению кожицы, мякоти и одревеснен-

ных веточек производится режущими рассекателями-ножами, после чего полуразрушенные ягоды попадают в зону нарастающего давления, где разделяются на квазипластичную массу и сок (рисунок 1).

Очевидно, что от конусности (угла заточки) будет прямым образом зависеть первоначальное разрушение ягод и их дальнейшее вовлечение в разрушающий процесс. Но тогда при рационально выбранном угле заточки при неоднократном контакте с содержимым измельчителя перерабатываемое сырье будет представлять собой более однородную массу и более соответствовать определению сплошной среды. Погрешность этого допущения можно учесть эмпирическим поправочным коэффициентом.

При вхождении режущей пластины (рассекателя) в зазор между противорежущими пластинами происходит преодоление сопротивле-

ния квазисплошной среды между их поверхностями. Следует заметить, что в стационарном режиме (как было отмечено ранее) рабочее пространство между противорежущими пластинами будет заполнено частично разрушенным материалом, который можно считать условно сплошной средой. В таком случае энергия разрушения будет в прямой связи с сопротивлением частично разрушенной среды проникновению рассекателей в пространство между пластинами [9, 10].

Для оценки необходимой мощности разрушения исходного сырья можно (с определенной погрешностью) использовать понятие динамического напора. Поскольку оптимальная форма режущей кромки рассекателя нуждается в особом исследовании, то для оценочных расчетов вполне корректно принять форму ножа в профильном виде трапеции (рисунок 2).

Рисунок 2
Нож-рассекатель и его геометрические параметры

Пусть в зазор между противорежущими пластинами, заполненный частично разрушенной смесью, входит нож-рассекатель пирамидальной формы, который разрушает встречную среду с нарастающим давлением. Дело в том, что по мере удаления от поверхности вала центробежная сила увеличивается, вследствие чего возрастает плотность материала. Рассекатель, перемещаясь между противорежущими пластинами, будет создавать дополнительное усилие в радиальном направлении [9].

Однако в связи с пирамидальной формой ножа пространство в области стенки камеры измельчителя по мере вхождения рассекателя будет изменяться, что непременно вызовет нарастание давления. В итоге распределение измельченного материала по физико-механическим параметрам будет происходить по случайному закону. С некоторой (незначительной) погрешностью плотность перерабатываемого материала можно принять постоянной ($\rho = \text{const}$), так как по мере измельчения материал становится все более однородным [11].

Сопротивление среды при движении ножа сквозь пластины выражается формулой

$$N = \int_{v_0}^v \bar{F} d\bar{v}, \quad (1)$$

где N — мощность, необходимая для преодоления среды при перемещении ножа между пластинами, Вт; $\bar{F}$ — результирующий вектор сил сопротивления в точке контакта боковой поверхности ножа с частицей смеси, Н; $d\bar{v}$ — элементарное изменение скорости частицы среды в точке контакта, м/с.

Поскольку нож-рассекатель находится во вращательном движении в плоскости перпендикулярной оси вала, то скорость любой точки ножа будет выражаться зависимостью

$$v = \omega \cdot r, \quad (2)$$

где v — скорость произвольной точки ножа, м/с; ω — угловая скорость вращения вала ($\omega = \text{const}$) рад/с; r — удаленность произвольной точки ножа от оси вала, м.

Знак вектора скорости опускается в связи с тем, что направление скорости известно: по касательной к траектории произвольной точки ножа.

Что касается сил сопротивления перемещению ножа между пластин, то лобовое сопротив-

ление создают те силы или их компоненты, которые перпендикулярны к площадке, расположенной нормально к вектору скорости в каждой конкретной точке, т. е. коллинеарны.

Для определения энергопотребления разрушения сырьевой среды значительную роль имеет форма ножа-рассекателя.

Без ущерба для качественной стороны технологического процесса принимается форма ножа-рассекателя в виде клиновидного тела (рисунок 2).

Из представленного рисунка 2 следует, что

$$\frac{e/2}{a'} = \sin \frac{\gamma'}{2} \Rightarrow \frac{e/2}{\sin \frac{\gamma'}{2}} = a', \quad (3)$$

где e – толщина ножа, м; a' – ширина лезвия по виду А, м; γ' – половина угла заточки по виду А, град.

Но a' отличается от a на множитель $\cos \psi$, то есть

$$a' \cdot \cos \psi = a, \quad (4)$$

где a – действительная ширина лезвия, м; ψ – угол наклона режущей кромки ножа, град.

Объединяя выражения 3 и 4, зависимость между геометрическими параметрами ножа представим следующим образом

$$\frac{e/2}{\sin \frac{\gamma'}{2}} \cdot \frac{R}{L} = a' \quad \text{или} \quad \frac{e/2}{\sin \frac{\gamma'}{2}} = 2 \cdot a \cdot L = A, \quad (5)$$

где A – общая площадь ножа, м²; L – длина режущей кромки, м.

Принимая во внимание, что произведение $e \cdot R$ есть не что иное, как площадь верхней грани ножа, можно получить важное заключение:

$$\frac{e \cdot R}{2 \cdot a \cdot L} = \sin \frac{\gamma'}{2}. \quad (6)$$

Иначе говоря, соотношение площадей верхней грани ножа и лезвия равно $\sin$ половинного квазиугла заточки лезвия. Квазиугол (рисунок 2) отличается на множитель $\cos \psi$ от действительного угла заточки.

В таком случае

$$\frac{\gamma'}{2} = \arcsin \frac{e \cdot R}{a \cdot L} \quad \text{или} \quad \gamma' = 2 \cdot \arcsin \frac{e \cdot R}{a \cdot L}. \quad (7)$$

С учетом вышесказанного,

$$\gamma \approx 2 \cdot \arcsin \frac{e \cdot R}{a \cdot L}. \quad (8)$$

Если учесть, что площадь верхней грани ножа (произведение толщины пластины на его длину), как правило, назначается из конструктивных соображений, то взаимосвязанными параметрами являются угол заточки и площадь лезвия. А это значит, что угол заточки прямым образом влияет на разделение рабочих зон ножа

для достижения оптимального конечного результата [10].

Итак, каждую из боковых поверхностей ножа-рассекателя можно разделить на три рабочие зоны (согласно их функциональной роли): режущая кромка (принимается прямолинейной) разрушает верхний слой ягод и веточек; лезвие ножа в связи с его углом заточки выполняет роль наклонной плоскости и создает нарастающее давление в зазоре между противорежущими пластинами; плоские грани ножа (рисунок 2) завершают процесс отжима жидкой фракции.

Для оценки работ разрушения виноградного сырья можно предположить (с высокой вероятностью), что работа по разрушению внешней оболочки ягод и веточек рационально заточенного ножа будет менее энергоемка, а основное энергопотребление придется на соковыделение путем создания адекватного давления во второй и третьей зонах. В этом случае основным фактором сопротивления будет работа сил трения. Пренебрегая работой ножей-рассекателей вне противорежущих пластин, можно утверждать, что основное энергопотребление приходится на их работу внутри пластин.

Итак, пусть нож-рассекатель входит в прорез между двумя противорежущими пластинами. При этом режущая кромка ножа, контактируя с цельным виноградным сырьем, разрушает поверхностный слой ягод и веточки и не требует значительного энергопотребления. Тогда основное энергопотребление приходится на работу по преодолению «лобового» сопротивления продвижению ножа и на совершение работы против сил трения, возникающих при обжатии сырья поверхностью ножа. Как говорилось ранее, работу деструкции можно разделить на две части: работу лезвия и работу плоских боковых граней. Работа лезвия, в свою очередь, делится на работу по преодолению сопротивления среды и работу против сил трения (рисунок 3).

Рисунок 3

К расчету работы динамического напора:
1 – нож-рассекатель; 2 – перерабатываемое сырье;
3 – противорежущая пластина

При определении работы ножа по преодолению лобового сопротивления ее можно принять практически без погрешности – нож, находясь во вращательном движении, при вхождении в прорезь движется поступательно. Следовательно, мощность необходимая для преодоления лобового сопротивления среды, определяется следующим образом

$$N = \int^S 2 \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \cdot v \cdot dS = \int^S 2 \cdot \rho \cdot v^3 \cdot dS, \quad (9)$$

где v – окружная скорость произвольной точки ножа ($v = v(r)$), м/с; S – площадь пропущенного зазора между двумя противорежущими пластинами, м².

Принимая во внимание, что $S \approx e (r_k - r_e)$, можно записать полное выражение мощности:

$$N = \int_{r_e}^{r_k} \rho \cdot \omega^3 \cdot r^3 \cdot e \cdot dr, \quad (10)$$

где r_e – расстояние начало прорези от оси вала, м; r_k – расстояние конца прорези от оси вала, м.

Итак, для преодоления ножом-рассекателем «лобового» сопротивления среды потребляемая мощность равна

$$N = \frac{1}{4} e \cdot \rho \cdot \omega^3 (r_k^4 - r_e^4) \quad (11)$$

Вывод. В процессе измельчения исходного материала основное энергопотребление приходится на преодоление сопротивления продвижению ножа и на совершение работы против сил трения, возникающих при обжатии сырья поверхностью ножа.

Библиографический список

1. Пат. 2700111 Российская Федерация. Способ отжима виноградного сока и устройство для его осуществления [Текст] / В.В. Новиков, А.С. Грецов, С.В. Зотеев, Е.А. Борисов, З.З. Гиунашвили. № 2019101055; заявл. 10.01.2019; опубл. 12.09.2019, бюл. № 26.
2. Гиунашвили, З.З. Конструктивные решения задач повышения выхода сока из виноградного сырья в отжимных устройствах [Текст] / З.З. Гиунашвили, Е.А. Борисов, В.В. Новиков // Вклад молодых ученых в аграрную науку. Материалы Международной научно-практической конференции: сб. научных трудов. Кинель, 2019. С. 415–417.
3. Пат. 2350230 Российская Федерация. Устройство для прессования сока из цельных плодов и овощей [Текст] / А.Н. Семин, В.С. Нагорских, С.Б. Зырянов, В.В. Швецова, В.А. Нецветаев, Ю.А. Кирсанов. Заявл. 13.06.2007; опубл. 27.03.2009.
4. Пат. № 44959 РФ, В30В9/20. Пресс для отжима сока из растительного сырья [Текст] / А.Д. Чистяков, А.А. Носов, Г.И. Прощенко. Заявл. 23.12.2004; опубл. 10.04.2005.
5. Пат. 388019 Российская Федерация. Пресс для отжима сока из плодово-ягодной мезги [Текст] / В.П. Чернышев, А.А. Каплан. № 1683927/28-13; заявл. 23.07.1971; опубл. 22.06.1973, бюл. № 28.
6. Панкин, М.И. Производство виноградных соков прямого отжима из новых сортов винограда [Текст] / М.И. Панкин, И.В. Оселедцева, Т.И. Гугучина, О.И. Преснякова // Виноделие и виноградарство. 2009. № 2. С. 28–31.
7. Гугучина, Т.И. Экспериментальное обоснование целесообразности производства виноградных соков прямого отжима из новых сортов винограда. Виноделие и виноградарство [Текст] / Т.И. Гугучина, М.И. Панкин, Е.А. Сосюра, Б.В. Бурцев // Разработки, формирующие современный уровень развития виноделия. Краснодар: ГНУ Северо-Кавказский зональный НИИ садоводства и виноградарства Россельхозакадемии, 2011. С. 38–48.
8. Сосюра, Е.А. Современные тенденции на рынке функциональных напитков [Текст] / Е.А. Сосюра, А.Ф. Нуднова // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе: материалы 81-ой науч.-практ. конф., приуроченной к 85-летию д-ра с.-х. н., проф. В.И. Тюльпанова. Ставрополь: СтГАУ, 2016. С. 147–149.
9. Antonov N.M., Lebed' N.I., Makarov A.M. 2014 Influence of a Zigzagging Location of the Knives in the Cutting Unit on the Energy Consumption During the Cutting Process of Horticultural Produce. J. of Food Process Eng. 3 262–270, doi: 10.1111/jfpe.12162.
10. Antonov N.M., Lebed' N.I., Makarov A.M. 2016 Energetic Calculation of an Apple Slicer with Zigzagging Knife Location in the Cutting Unit. J. of Food Process Eng., doi: 10.1111/jfpe.12352.
11. Alvarez M.D., Canet W., Lopez M.E. 2002 Influence of deformation rate and of compression on textural parameters of potato and apple tissues in texture profile analysis. European food research and Technology. 1 13–20, doi: 10.1007/s00217-002-0515-0.

1. **Новиков Владимир Васильевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин и механизации животноводства, ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 446442, Самарская область, п. г. т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2, e-mail: e-ltv@mail.ru.

2. **Литвинов Евгений Владимирович**, аспирант кафедры сельскохозяйственных машин и механизации животноводства, ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 446442, Самарская область, п. г. т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2, e-mail: e-ltv@mail.ru.

3. **Морозов Николай Владимирович**, аспирант кафедры сельскохозяйственных машин и механизации животноводства, ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 446442, Самарская область, п. г. т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2, e-mail: morskay6363@mail.ru.

4. **Борисов Егор Алексеевич**, студент инженерного факультета, ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 446442, Самарская область, п. г. т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2, e-mail: morskay6363@mail.ru.

5. **Грецов Алексей Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин и механизации животноводства, ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 446442, Самарская область, п. г. т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2, e-mail: grecov_as@mail.ru.

Цель исследования – установление аналитического выражения, описывающего энергопотребление при отжиме сока в зависимости от формы ножа-рассекателя. В статье представлена конструкция для отжима сока из различных видов фруктов и овощей. Дана динамическая

характеристика процесса измельчения исходного материала (на примере ягод винограда). Аналитически обосновано и представлено выражение для определения мощности, затрачиваемой на измельчение исходного материала.

V. Novikov, E. Litvinov, N. Morozov, E. Borisov, A. Grecov

DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE PROCESS OF GRINDING GRAPE RAW MATERIALS AND THEIR IMPACT ON THE ENERGY INTENSITY AND PERFORMANCE OF THE GRINDER

Key words: grapes; juice; spin; knife-divider; grinder.

Authors' personal details

1. **Novikov Vladimir**, Candidate of Technical Sciences, professor of the department of agricultural machines and mechanization of livestock breeding, Samara State Agrarian University, 446442, Samara region, settlement Ust'-Kinskly, Uchebnaya st., 2, e-mail: e-ltv@mail.ru.

2. **Litvinov Evgeny**, Post-graduate student of the department of agricultural machines and mechanization of livestock breeding, Samara State Agrarian University, 446442, Samara region, settlement Ust'-Kinskly, Uchebnaya st., 2, e-mail: e-ltv@mail.ru.

3. **Morozov Nikolay**, Post-graduate student of the department of agricultural machines and mechanization of livestock breeding, Samara State Agrarian University, 446442, Samara region, settlement Ust'-Kinskly, Uchebnaya st., 2, e-mail: morskay6363@mail.ru.

4. **Borisov Egor**, engineering student, Samara State Agrarian University, 446442, Samara region, settlement Ust'-Kinskly, Uchebnaya st., 2, e-mail: morskay6363@mail.ru.

5. **Grecov Aleksey**, Candidate of Technical Sciences, professor of the department of agricultural machines and mechanization of livestock breeding, Samara State Agrarian University, 446442, Samara region, settlement Ust'-Kinskly, Uchebnaya st., 2, e-mail: grecov_as@mail.ru.

The purpose of the study is to establish an analytical expression describing the energy consumption during juicing depending on the shape of the knife – divider. The article presents a design for juicing different types of fruits and vegetables. The

dynamic characteristic of the process of grinding the starting material (for example, grapes) is given. An expression for determining the power spent on grinding the starting material is analytically substantiated and presented.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ В СЕТИ 35 кВ С ТРЕХОБМОТОЧНЫМ ПИТАЮЩИМ ТРАНСФОРМАТОРОМ ПО ЭМПИРИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ

Ключевые слова: электрические сети 35 кВ; аварийный режим; место повреждения; эмпирические критерии; погрешность.

Введение. В электрических сетях актуальной задачей является определение места повреждения (ОМП) [1–3]. В высоковольтных сетях на сегодняшний день существуют дистанционные методы и приборы ОМП [4]. В этих сетях длины линий и отключающие мощности велики. Поэтому окупаются дорогостоящие приборы. Например, прибор «Сириус-2-ОМП» стоит порядка 87 тысяч рублей. Длины линий и отключающие мощности электрических сетей 6–10–35 кВ много меньше. Поэтому для них необходимо разрабатывать свои дистанционные методы и приборы ОМП.

Цель исследования. На сегодняшний день дистанционные приборы определяют только аварийные режимы (АР) с короткими замыканиями и не могут определять режимы с замыканиями на землю и обрывами в сетях 6–35 кВ. То есть необходимо разрабатывать новые методы ОМП, которые будут определять не только АР с короткими замыканиями, но и режимы с замыканиями на землю и обрывами, что является целью настоящей статьи.

Методика исследований. В [5–7] отражены основные подходы к ОМП в сетях 6–35 кВ. Одним из методов ОМП может являться метод, представленный в [8, 9] для фидера с двухобмоточным питающим трансформатором. Он заключается в том, что для каждого вида аварийного режима можно разработать эмпирические критерии. Они представляют собой различные отношения напряжений и токов в начале линии и индивидуальны для каждого аварийного режима. Суть предложенного метода ОМП состоит в том, что в разработанную программу расчетов вносятся все параметры фидера 35 кВ. Для всех возможных АР рассчитываются напряжения и токи в начале линии и эмпирические критерии при перемещении точки аварии вдоль длины линии. По этим табличным значениям критериев программа строит интерполирующие функции, которые хранятся в компьютере. При возникновении АР фиксируются измеренные напряжения и токи и вычисляется соответствующее значение критерия. По этому значению

критерия с помощью интерполирующей функции определяется расстояние до повреждения от начала линии и интервал длины линии, в который попадает повреждение. Сети 6–10–35 кВ часто питаются от трехобмоточного трансформатора [10]. Для этого случая необходима разработка и исследование своих эмпирических критериев.

Структурная схема исследуемого фидера представлена на рисунке 1. На нем обозначены участки линий 10 и 35 кВ; питающий и потребительские трансформаторы; нагрузки; блоки несимметрии.

Рисунок 1
Фидера 10 кВ и 35 кВ

Фидера 35 кВ и 10 кВ питаются от трехобмоточного трансформатора. В данной работе были рассчитаны виды аварийных режимов (АР) фидера 35 кВ, представленные в таблице 1. Эти режимы перемещались вдоль длины линии и моделировались блоком несимметрии, представленным на рисунке 1. Расчет токов и напряжений производился методом фазных координат [11–14].

Результаты исследований. При получении формул эмпирических критериев в числитель формулы помещались увеличивающиеся напряжения и токи, а в знаменатель – уменьшающиеся. Параметры, которые не изменялись, не учитывались. Представлены следующие виды АР: А0, В0, С0 – замыкания на землю; АВ, ВС, АС – двухфазные короткие замыкания; АВС – трехфазное короткое замыкание; А0 + В0, В0 + С0, А0 + С0 – двойные замыкания на землю; Обр. А, Обр. В, Обр. С – обрывы фаз; А0 + Обр. А, В0 + Обр. В, С0 + Обр. С – замыкания на землю с последующими обрывами; Обр. А + А0, Обр. В + В0, Обр. С + С0 – обрывы с последующими замыканиями на землю.

Таблица 1 Формулы для эмпирических критериев ОМП в фидере 35 кВ

Вид АР	Фаза А	Фаза В	Фаза С
A0, B0, C0	$K_{A-0} = \frac{Ua}{Ub \cdot Uc}$	$K_{B-0} = \frac{Ub}{Ua \cdot Uc}$	$K_{C-0} = \frac{Uc}{Ua \cdot Ub}$
AB, BC, AC	$K_{AB} = \frac{Ua \cdot Ub \cdot Ic}{Uc \cdot Ia \cdot Ib}$	$K_{BC} = \frac{Ub \cdot Uc \cdot Ia}{Ua \cdot Ib \cdot Ic}$	$K_{AC} = \frac{Ua \cdot Uc \cdot Ib}{Ub \cdot Ia \cdot Ic}$
ABC	$K_{ABC} = \frac{Ua \cdot Ub \cdot Uc}{Ia \cdot Ib \cdot Ic}$	$K_{ABC} = \frac{Ua \cdot Ub \cdot Uc}{Ia \cdot Ib \cdot Ic}$	$K_{ABC} = \frac{Ua \cdot Ub \cdot Uc}{Ia \cdot Ib \cdot Ic}$
A0 + B0, B0 + C0, A0 + C0	$K_{A-0+B-0} = \frac{Ua \cdot Ub \cdot Ic}{Uc \cdot Ia \cdot Ib}$	$K_{B-0+C-0} = \frac{Ub \cdot Uc \cdot Ia}{Ua \cdot Ib \cdot Ic}$	$K_{A-0+C-0} = \frac{Ua \cdot Uc \cdot Ib}{Ub \cdot Ia \cdot Ic}$
Обр. А, Обр. В, Обр. С	$K_{обрА} = \frac{Ub \cdot Uc \cdot Ia}{Ua \cdot Ib \cdot Ic}$	$K_{обрВ} = \frac{Ua \cdot Uc \cdot Ib}{Ub \cdot Ia \cdot Ic}$	$K_{обрС} = \frac{Ua \cdot Ub \cdot Ic}{Uc \cdot Ia \cdot Ib}$
A0 + Обр. А, B0 + Обр. В, C0 + Обр. С	$K_{A-0+обрА} = \frac{Ua \cdot Ib \cdot Ic}{Ub \cdot Uc \cdot Ia}$	$K_{B-0+обрВ} = \frac{Ub \cdot Ia \cdot Ic}{Ua \cdot Uc \cdot Ib}$	$K_{C-0+обрС} = \frac{Uc \cdot Ia \cdot Ib}{Ua \cdot Ub \cdot Ic}$
Обр. А + A0, Обр. В + B0, Обр. С + C0	$K_{обрА+A-0} = Ua \cdot Ia$	$K_{обрВ+B-0} = Ub \cdot Ib$	$K_{обрС+C-0} = Uc \cdot Ic$

Критерии зависят от фазных напряжений и токов Ua, Ub, Uc, Ia, Ib, Ic . Эти напряжения и токи можно измерять приборами, аналогичными используемым в уже существующих приборах ОМП, например в [4], а также регистрирующими вольтметрами и амперметрами. Так для однофазного замыкания на землю фазы А получен следующий критерий:

$$K_{A-0} = \frac{Ua}{Ub \cdot Uc}.$$

Аналогично были исследованы все остальные АР и получены свои индивидуальные критерии, представленные в таблице 1. По расчетным данным в пяти точках вдоль длины линии получены интерполяционные многочлены [15] эмпирических критериев для всех видов повреждений. То есть табличная функция представлена столбцами длин L и значений K_{A0} многочлена. Так для однофазного замыкания А0 получены следующие L и K_{A0} :

$$L = \begin{bmatrix} 0 \\ 10 \\ 20 \\ 30 \\ 40 \end{bmatrix} \quad K_{A0} = \begin{bmatrix} 0.000 \\ 0.073 \\ 0.146 \\ 0.218 \\ 0.290 \end{bmatrix}.$$

Алгоритм расчета коэффициентов полинома следующий:

1. Рассчитывается матрица Вандермонда

$$A_{i,j} = (L_i)^{n-j},$$

где $n = 5$ – количество точек; i, j – номер строки и столбца.

2. Рассчитываются коэффициенты интерполяционного полинома:

$$z = A^{-1} \cdot K_{A0}.$$

3. Составляется уравнение полинома $P(x)$

$$P(x) = \sum_{k=1}^n (z_k \cdot x^{n-k}),$$

где x – координата по оси L .

Так для однофазного замыкания на землю А0 получен следующий полином:

$$P(x) = 8,333 \cdot 10^{-9} \cdot x^4 - 6,667 \cdot 10^{-7} \cdot x^3 + 1,417 \cdot 10^{-5} \cdot x^2 - 7,217 \cdot 10^{-3} \cdot x.$$

Аналогично получены полиномы для всех видов АР.

Результаты ОМП в сети 35 кВ с питающим трехобмоточным трансформатором при длине линии 40 км сведены в таблицы 2 и 3. В таблице 2 представлены результаты расчетов коэффициентов полиномов для всех АР. Измеренные величины напряжений и токов могут отличаться от расчетных. Примем, что суммарная погрешность приборов и метода ОМП такова, что точка аварии попадает в доверительный интервал $\pm 5\%$ или $\pm 2,5\%$. Это большие интервалы, приблизительно соответствующие существующим классам точности приборов измерения 5 или 2,5. Если использовать приборы измерения с большей точностью, то доверительные интервалы будут меньше, например, $\pm 0,5\%$ или $\pm 0,2\%$. В таблице 3 представлены результаты расчетов погрешностей ОМП при суммарных погрешностях измерения $\pm 5\%$ и $\pm 2,5\%$.

В таблицах 2 и 3 представлены Z1–Z5 – значения коэффициентов интерполяционных полиномов; X1, X2 – левая и правая границы интервалов, в которые попадают повреждения; dL, dL % – длины интервалов в километрах и в процентах.

Анализ таблиц 2 и 3 показал, что каждый вид АР можно определять с интервалами погрешностей, представленными в таблице 4.

Таблица 2 Коэффициенты интерполирующих полиномов

Вид АР		Коэффициенты полинома				
		Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Однофазные замыкания на землю	Фаза А	$8,333 \cdot 10^{-9}$	$-6,667 \cdot 10^{-7}$	$1,417 \cdot 10^{-5}$	$7,217 \cdot 10^{-3}$	0
	Фаза В	$8,333 \cdot 10^{-9}$	$-6,667 \cdot 10^{-7}$	$1,417 \cdot 10^{-5}$	$7,417 \cdot 10^{-3}$	0
	Фаза С	$8,333 \cdot 10^{-9}$	$-5 \cdot 10^{-7}$	$4,167 \cdot 10^{-6}$	$7,4 \cdot 10^{-3}$	0
Короткие замыкания	Фазы А–В	$-1,342 \cdot 10^{-5}$	$1,265 \cdot 10^{-3}$	0,249	3,929	81,027
	Фазы В–С	$-1,334 \cdot 10^{-5}$	$1,221 \cdot 10^{-3}$	0,246	4,061	85,280
	Фазы А–С	$-1,427 \cdot 10^{-5}$	$1,352 \cdot 10^{-3}$	0,229	3,729	80,381
	Фазы А–В–С	$1,518 \cdot 10^{-5}$	0,092	0,020	-0,039	0,000
Обрывы	Фаза А	$3,864 \cdot 10^{-3}$	$9,326 \cdot 10^{-3}$	8,976	783,090	357,416
	Фаза В	$3,31 \cdot 10^{-3}$	0,017	8,330	762,647	357,902
	Фаза С	$3,567 \cdot 10^{-3}$	0,017	8,836	793,565	358,165
Замыкания на землю с последующими обрывами	Фаза А	$1,708 \cdot 10^{-7}$	$-1,142 \cdot 10^{-5}$	$2,178 \cdot 10^{-3}$	0,504	0,100
	Фаза В	$1,75 \cdot 10^{-7}$	$-1,083 \cdot 10^{-5}$	$1,763 \cdot 10^{-3}$	0,413	0,100
	Фаза С	$1,375 \cdot 10^{-7}$	$-8,583 \cdot 10^{-6}$	$1,691 \cdot 10^{-3}$	0,414	0,100
Обрывы с последующими замыканиями	Фаза А	$-4,442 \cdot 10^{-3}$	0,601	19,808	$2,636 \cdot 10^3$	$1,086 \cdot 10^3$
	Фаза В	$3,03 \cdot 10^{-3}$	-0,380	49,693	$2,243 \cdot 10^3$	$1,094 \cdot 10^3$
	Фаза С	$-2,645 \cdot 10^{-3}$	0,202	38,546	$2,366 \cdot 10^3$	$1,075 \cdot 10^3$
Двойные замыкания на землю	Фазы А–В	$2,167 \cdot 10^{-7}$	$-5 \cdot 10^{-3}$	0,212	0,050	0,010
	Фазы В–С	$2,375 \cdot 10^{-7}$	$3,583 \cdot 10^{-6}$	0,205	0,050	0,010
	Фазы А–С	$2,083 \cdot 10^{-7}$	$-2 \cdot 10^{-3}$	0,199	0,050	0,010

Таблица 3 Погрешность определения места повреждения в сети 35 кВ

Вид АР		Левая и правая границы интервала при погрешности ± 5		Длина интервала при погрешности ± 5		Левая и правая границы интервала при погрешности $\pm 2,5$		Длина интервала при погрешности $\pm 2,5$	
		X1 км	X2 км	dL км	dL %	X1 км	X2 км	dL км	dL %
Однофазные замыкания на землю	Фаза А	21,008	18,99	2,011	5,035	20,504	19,497	1,007	2,518
	Фаза В	21,008	18,99	2,010	5,033	20,504	19,497	1,007	2,518
	Фаза С	21,017	18,98	2,031	5,080	20,508	19,492	1,016	2,540
Короткие замыкания	Фазы А–В	20,877	19,09	1,785	4,460	20,442	19,550	0,892	2,230
	Фазы В–С	20,896	19,07	1,827	4,560	20,452	19,540	0,912	2,280
	Фазы А–С	20,892	19,07	1,818	4,543	20,450	19,542	0,908	2,270
	Фазы А–В–С	20,328	19,66	0,669	1,670	20,166	19,832	0,334	0,835
Обрывы	Фаза А	20,786	19,19	1,591	3,975	20,395	19,600	0,795	1,988
	Фаза В	20,793	19,18	1,603	4,013	20,399	19,597	0,802	2,005
	Фаза С	20,790	19,19	1,595	3,993	20,397	19,598	0,799	1,998
Замыкания на землю с последующими обрывами	Фаза А	20,940	19,05	1,883	4,713	20,471	19,528	0,943	2,358
	Фаза В	20,943	19,05	1,894	4,730	20,472	19,526	0,946	2,365
	Фаза С	20,944	19,05	1,897	4,735	20,473	19,526	0,947	2,368
Обрывы с последующими замыканиями	Фаза А	20,814	19,17	1,644	4,108	20,409	19,587	0,821	2,053
	Фаза В	20,811	19,17	1,635	4,085	20,407	19,590	0,817	2,043
	Фаза С	20,793	19,19	1,598	3,998	20,398	19,598	0,800	2,000
Двойные замыкания на землю	Фазы А–В	20,497	19,49	1,005	2,515	20,250	19,747	0,503	1,258
	Фазы В–С	20,497	19,49	1,005	2,515	20,250	19,747	0,503	1,258
	Фазы А–С	20,497	19,49	1,005	2,515	20,250	19,747	0,503	1,258

Таблица 4 Интервалы погрешностей ОМП

Вид АР	Погрешность ОМП			
	погрешность измерения ± 5 %		погрешность измерения $\pm 2,5$ %	
	км	%	км	%
A0, B0, C0	2,01–2,03	5,03–5,08	1,00–1,01	2,51–2,54
AB, BC, AC	1,78–1,82	4,46–4,56	0,89–0,91	2,23–2,28
ABC	0,66	1,67	0,33	0,83
Обр. А, Обр. В, Обр. С	1,59–1,6	3,97–4,01	0,79–0,80	1,98–2,00
A0 + Обр. А, B0 + Обр. В, C0 + Обр. С	1,88–1,89	4,71–4,73	0,94–0,95	2,35–2,36
Обр. А + A0, Обр. В + B0, Обр. С + C0	1,59–1,64	3,99–4,10	0,80–0,82	2,00–2,05
A0 + B0, B0 + C0, A0 + C0	1,01	2,51	0,50	1,25

Из таблицы 4 видно, что погрешность ОМП сильно зависит от погрешности измерения напряжений и токов. При этом при погрешности измерения ± 5 % погрешность ОМП составляет от 1,67 % до 5,1 %, а при погрешности измере-

ния $\pm 2,5$ % – от 0,8 % до 2,5 %. При меньших погрешностях измерений, например, $\pm 0,5$ % или $\pm 0,2$ %, соответственно уменьшатся и погрешности ОМП.

Выводы. Предложен метод ОМП по эмпирическим критериям для фидеров 35 кВ, отходящих от трехобмоточного питающего трансформатора. Критерии представляют собой отношение напряжений и токов в начале линии 35 кВ. Для всех критериев получены интерполирующие функции, по которым определяется расстояние

до места повреждения от начала линии. Предложенный метод позволяет определять АР не только при коротких замыканиях, но и режимы при замыканиях на землю и обрывах. Проведенные расчеты и анализ показали высокую эффективность предложенного метода ОМП.

Библиографический список

1. Аржанников, Е.А. Методы и приборы определения мест повреждения на линиях электропередачи [Текст] / Е.А. Аржанников, А.М. Чухин. М.: Энергопресс, 1998. 87 с.
2. Шалыт, Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях [Текст] / Г.М. Шалыт. М.: Энергоиздат, 1982. 312 с.
3. Арцишевский, Я.Л. Определение мест повреждения линий электропередачи в сетях с изолированной нейтралью [Текст] / Я.Л. Арцишевский. М.: Высшая школа, 1989. 87 с.
4. Устройство определения места повреждения на воздушных линиях электропередачи «Сириус-2-ОМП» [Текст]: руководство по эксплуатации. М., 2012. 64 с.
5. Попов, Н.М. Повышение надежности электроснабжения сельского хозяйства путем совершенствования релейных защит от аварийных режимов в сетях 0,38...35 кВ [Текст]: автореф. дис. ... докт. техн. наук / Н.М. Попов. СПб., 2006. 36 с.
6. Баранов, А.А. Совершенствование методов расчета и обнаружения несимметричных аварийных режимов электрических сетей класса 10 кВ [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.А. Баранов. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012. 28 с.
7. Климов, Н.А. Совершенствование методов расчета и обнаружения аварийных несимметричных режимов электрических сетей 35 кВ [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н.А. Климов. М.: МГАУ, 2013. 22 с.
8. Солдатов, В.А. Определение места повреждения в электрических сетях 35 кВ по эмпирическим критериям [Текст] / В.А. Солдатов, А. Агафонов // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сборник статей 69-й международной научно-практической конференции в трех томах. Том 2. Караваево: Костромская ГСХА, 2018. С. 149–152.
9. Солдатов, В.А. Эмпирические критерии определения места повреждения в электрических сетях 10 кВ [Текст] / В.А. Солдатов, М.А. Кошкин // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сборник статей 69-й международной научно-практической конференции в трех томах. Том 2. Караваево: Костромская ГСХА, 2018. С. 156–159.
10. Солдатов, В.А. Расчет и анализ аварийных режимов работы сети 35 кВ и 10 кВ с трехобмоточным питающим трансформатором [Текст] / В.А. Солдатов, Н.А. Климов, В.С. Захаров, Ш.А. Кафланов // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сборник статей 68-й международной научно-практической конференции в трех томах. Том 2. Караваево: Костромская ГСХА, 2017. С. 213–218.
11. Мельников, Н.А. Матричный метод анализа электрических сетей [Текст] / Н.А. Мельников. М.: Энергия, 1972.
12. Лосев, С.Б. Вычисление электрических величин в несимметричных режимах электрических систем [Текст] / С.Б. Лосев, А.Б. Чернин. М.: Энергоатомиздат, 1983. 528 с.
13. Гусейнов, А.М. Расчет в фазных координатах несимметричных установившихся режимов в сложных системах [Текст] / А.М. Гусейнов // Электричество. 1989. № 3.
14. Бернас, С. Математические модели элементов электроэнергетических систем [Текст] / С. Бернас, З. Цек; пер. с польск. М.: Энергоиздат, 1982. 312 с.: ил.
15. Заварыгин, В.М. Численные методы [Текст] / В.М. Заварыгин. М.: Просвещение, 1991. 250 с.

Сведения об авторах

1. **Солдатов Валерий Александрович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных технологий в электроэнергетике, ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, 156530, Костромская область, Костромской район, пос. Караваево, Учебный городок, 34, e-mail: soldmel@rambler.ru.
2. **Захаров Вячеслав Сергеевич**, аспирант кафедры информационных технологий в электроэнергетике, ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, 156530, Костромская область, Костромской район, пос. Караваево, Учебный городок, 34, e-mail: zacharovsw1995@mail.ru.

В распределительных электрических сетях 6–10–35 кВ с изолированной нейтралью остро стоит проблема определения места повреждения. В сетях 110 кВ и выше эта задача практически решена, так как эти сети эксплуатируются с глухозаземленной нейтралью. Это позволяет определять место повреждения с малой погрешностью. В распределительных сетях 6–10–35 кВ нейтраль является изолированной и замыкания на землю не являются короткими замыканиями. Существующие дистанционные приборы определяют только междуфазные короткие замыкания; в сетях 6–10–35 кВ замыкания на землю и обрывы они не определяют, хотя это составляет до 70 % от всех возможных аварийных режимов. Часто сети 6–10–35 кВ работают с питающим трехобмоточным трансформатором. Поэтому для данного случая в статье предложены и исследованы эмпирические критерии для определения места повреждения, индивидуальные для каждого вида аварийного режима. Они представляют собой отношения фазных напряжений

и токов в начале линии. Для того чтобы график критерия был более крутым, при изменении точки повреждения вдоль линии в его числитель помещались увеличивающиеся параметры режима, а в знаменатель – уменьшающиеся. Были получены интерполирующие функции всех рассчитанных критериев. Задаваясь погрешностью измерения фазных напряжений и токов, провели исследования погрешностей определения места повреждения для линии 35 кВ, отходящей от трехобмоточного питающего трансформатора. Показано, что при погрешности измерения напряжений и токов $\pm 5\%$ погрешность определения места повреждения составляет от 1,67 до 5,1 %, а при погрешности измерения $\pm 2,5\%$ – от 0,8 до 2,5 %. Таким образом, предложенные эмпирические критерии дают возможность определения места повреждения с точностью, достаточной для практического применения, и их можно использовать в дистанционных приборах определения места повреждения.

V. Soldatov, V. Zakharov

LOCATING FAULTS IN A 35 KV POWER NETWORK OPERATED WITH A THREE-WINDING FEED TRANSFORMER THROUGH EMPIRICAL CRITERIA

Key words: 35 kV electrical networks; fault situation; fault location; error; empirical criteria.

Authors' personal details

1. **Soldatov Valeriy**, Doctor of Technical Sciences, the head of the Department of Information Technologies in Power Industry, Federal Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», 156530, Kostroma region, Kostroma district, settlement of Karavayevo, Educational town, 34, e-mail: soldmel@rambler.ru.

2. **Zakharov Viacheslav**, Post-graduate student of the Department of Information Technologies in Power Industry, Federal Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy», 156530, Kostroma region, Kostroma district, settlement of Karavayevo, Educational town, 34, e-mail: zaxarovsw1995@mail.ru.

Locating faults is one of the urgent problems faced by the power distribution networks of 6–10–35 kV with the non-earthing system. The problem has been practically eliminated in the networks of 110 kV and above, since these networks are operated with the earthing system. This allows locating the fault with a small error. In the mains networks of 6–10–35 kV, the neutral is isolated and ground faults do not result in a short-circuit. The existing remote-acting devices can determine only inter-phase short circuits. In 6–10–35 kV networks the devices fail to locate ground faults and breakages, although these cases make up to 70 % of all possible fault cases. Networks of 6–10–35 kV often operate with a three-winding feed transformer. In this regard

the paper describes such cases and offers empirical criteria for locating faults, specific for each fault situation. The criteria are relationships of phase voltages and currents at the beginning of the line. To make the criterion chart sharp when the fault point is changed along the line, the rising parameters of the fault situation were placed in its numerator, and the falling parameters were placed in the denominator. Interpolating functions of the calculated criteria were obtained. The authors analysed errors in locating faults in a 35 kV line from the three-winding feed transformer in order to find measurement errors of phase voltages and currents. The analysis showed that the error of $\pm 5\%$ in measuring tension and current resulted in the error of 1,67 % to 5,1 %

in locating the fault; when the measurement error was $\pm 2,5\%$ the error in locating the fault was from $0,8\%$ to $2,5\%$. Thus, the offered empirical criteria

allow locating faults with accuracy, sufficient for practical application, and they can be used in remote-acting devices for locating faults.

© Солдатов В.А., Захаров В.С.

УДК 621.37

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-140-147

Р.Б. Яруллин, М.Ф. Туктаров, И.Д. Бадретдинов, С.В. Фефелова, В.Г. Байназаров

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Ключевые слова: линейный электропривод; эксплуатационная надежность; вероятность безотказной работы; аварийные отказы; вероятность отказа; зерноочистительная машина.

Введение. В современном развитии сельскохозяйственного производства важным вопросом является качество полученного зернового материала, так как от него зависит степень обеспечения населения продуктами питания, уровень развития кормовой базы для животноводства и сырьевой базы для ряда отраслей промышленности. При этом для повышения качества продовольственного зерна требуется его очистка от вредных примесей. Решение зерновой проблемы в нашей стране во многом зависит от технической оснащённости и эффективности работы применяемых технологических машин. Большинство применяемых в хозяйствах РФ зерноочистительных агрегатов и комплексов для послеуборочной обработки семян зерновых культур выработало свой ресурс (80 % машинного парка приобретено 20...25 лет назад), так как включает в себя огромное количество сложных (комбинированных) элементов, каждый из которых может отказать в любой момент времени, что в итоге приводит к серьезным экономическим потерям [4, 6, 9]. При этом существующая теория надежности позволяет спрогнозировать период появления такого рода отказов и аварийных случаев в технологической машине и предотвратить их негативные последствия [7]. Рассмотрим эксплуатационную надежность разработанного линейного электропривода решетного стана зерноочистительной машины (далее – ЛЭП РС ЗМ) [10], испытания которой проведены с использованием ГОСТ 24055-2016 Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки.

Цель исследования: определение эксплуатационной надежности ЛЭП РС ЗМ.

Задачи исследования: определить эмпирическую вероятность безотказной работы ЛЭП РС ЗМ и интенсивность отказов элементов ЛЭП

РС ЗМ, рассчитать эксплуатационную надежность ЛЭП РС ЗМ.

Условия, материалы и методы исследования. Объектом исследования является ЛЭП РС, используемый в зерноочистительной машине, конструкция которой представлена на рисунке 1. Работу зерноочистительной машины можно описать следующим образом [12]. При подключении линейного асинхронного электродвигателя (далее – ЛАД) блоком управления к источнику напряжения индуктор 7 создает бегущее электромагнитное поле. Взаимодействие бегущего электромагнитного поля индуктора 7 с вторичным элементом (бегуном) 5 вынуждает конечный, а следовательно, и жестко скрепленный с ним решетный стан 1 двигаться в направлениях сил F_x и F_y . Решетный стан 1, подвешенный на шарнирно закрепленных упругих подвесках 6 равной длины под углом α к горизонтали, при включении ЛАД под действием силы F_y (поперечное направление) притягивается к индуктору 7, а под действием силы F_x (продольное направление) приходит в поступательное движение в сторону бегущего электромагнитного поля. При этом упругие элементы 3, 4 (цилиндрические винтовые пружины) деформируются. В какой-то момент времени происходит отключение индуктора ЛАД 7 от источника питания. Под действием потенциальной энергии, накопленной в упругих элементах 3 и 4, решетный стан 1 движется в обратном направлении. При этом за счет резкого торможения решетного стана 1 происходит инерционное перемещение зернового материала по его поверхности. Таким образом, решетный стан 1 совершает сложное возвратно-поступательное движение [10], что при частых включениях создаёт повышенный износ рабочих элементов, неблагоприятно влияющий на суммарную надежность ЗМ.

Рисунок 1

Конструкция электропривода решетного стана: а – главный вид; б – вид сверху; 1 – решетный стан; 2 – основание; 3, 4 – упругие элементы; 5 – вторичный элемент ЛАД; 6 – упругие подвески; 7 – индуктор ЛАД

Исследования проводились на ЛЭП РС ЗМ, работавшем по 8 ч в сутки в течение четырех месяцев (в год общая продолжительность работы составила 960 ч). При среднем сроке эксплуатации ЗМ, равном 6 годам, общая продолжительность работы составит 5760 ч. Эмперическим методом (путем наблюдений) были получены данные частоты отказов в заданном интервале работы основных элементов ЛЭП РС ЗМ (таблица 1).

Одним из элементов, оказывающим большое влияние на суммарную надежность зерноочистительной установки, является индуктор (в качестве примера проведем расчеты этого элемента), для определения эксплуатационной надежности которого воспользуемся программой Microsoft Excel (далее – МЕ), основываясь на одном из трёх существующих методов (рисунок 2) [2].

Таблица 1 Полученные эмпирические данные частоты отказов ЛЭП РС ЗМ

№	Элемент установки ЛЭП РС ЗМ	Кол-во элементов, шт.	Эмпирическая частота отказов элемента в интервале работы Δt , шт.	Интервал работы ЛЭП РС ЗМ, ч
1	Индуктор ЛАД	1	4	0...5760
2	Вторичный элемент ЛАД (решетный стан)	1	2	
3	Подвеска	4	14	
4	Ролик подпружиненный	2	15	
5	Упругий элемент (винтовая пружина)	4	15	
6	Блок управления	1	2	
7	Дозатор (подача зернового материала)	1	1

Рисунок 2

Представление методов построения моделей надежности в МЕ в виде команд выполнения

Наиболее предпочтительным из предоставленных методом построения эксплуатационной надежности в МЕ является графический, так как он наиболее нагляден и прост в использовании, а также имеет встроенную оценку достоверности построенной модели надежности. Данный метод построения моделей регрессии основан на построении линий тренда, представляющих собой геометрическое отображение средних значений анализируемых показателей, полученных с помощью какой-либо математической функции. Существует 6 различных линий тренда (аппроксимация и сглаживание), которые могут быть добавлены в диаграмму в МЕ. Выбор типа зависит от особенностей представленных данных, в нашем случае это [13, 14].

Линейная аппроксимация – это прямая линия, наилучшим образом описывающая набор данных [13, 14]. Она применяется в самых простых случаях, когда распределение точек данных соответствует прямой линии, то есть прогнозируемый показатель увеличивается или убывает с примерно постоянным шагом:

$$y = mx + b, \quad (1)$$

где m – тангенс угла наклона линейной регрессии к оси абсцисс; x – переменная величина; b – координата точки пересечения линейной регрессии с осью ординат.

Полиномиальная аппроксимация используется для описания величин, попеременно возрастающих и убывающих. Степень полинома определяется количеством экстремумов (максимумов и минимумов) кривой. Так, полином второй степени может описать только один максимум или минимум, полином третьей степени имеет один или два экстремума:

$$y = c_0 + c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4 + c_5x_5 + c_6x_6, \quad (2)$$

где $c_i = \text{const}$, значения которых определяются в ходе построения; x_i – переменная величина.

Экспоненциальная аппроксимация полезна в том случае, если скорость изменения данных непрерывно возрастает (или убывает). Однако

для данных, которые содержат нулевые или отрицательные значения, этот вид приближения неприменим. В связи с этим построение производится в соответствии с уравнением:

$$y = c + e^{bx}. \quad (3)$$

где c – const; x – переменная величина; b – коэффициент.

Результаты исследования. В стандартное определение эксплуатационной надежности любого элемента технологической машины входят прогнозирование периода отказов и аварийных случаев; нахождение времени безотказной работы.

Для этого необходимо построить теоретическую модель распределения времени безотказной работы элементов (определение функции надежности), которая позволит на ее основе получить дополнительные параметры надежности (срок эксплуатации, наработка на отказ и т. д.). Для расчетов требуется провести сбор и обработку наблюдений об отказах элементов ЛЭП РС 3М и анализ причин, вызвавших эти отказы, по нижеприведенной методике.

На рабочем листе МЕ подготовим параметры «входной» и «выходной» информации модели надежности для нахождения данных (рисунок 3):

- в B3...B8 – интервал работы, ч;
- в C3...C8 – значение середины временного интервала t , ч;
- в D3...D8 – значение эмпирической частоты отказов в интервале Δn , шт.;
- в E3 – число отказов за весь период наблюдения N , шт.;
- в F3...F8 – суммарное число отказов в текущем интервале, вычисленное для середины интервала $n_i(t)$, шт.;
- в G3...G8 – значение эмпирической вероятности отказов для середины интервала $F_{ci}(t)$;
- в H3 – значения эмпирических вероятностей безотказной работы $P_{ci}(t)$.

	A	B		C	D	E	F	G	H
1	Индуктор ЛАД								
2	№	Интервал работы, ч		Середина интервала	Δn	N	ni(t)	Fci(t)	Pci(t)
3	1	0	960	480	0	4			
4	2	960	1920	1440	1				
5	3	1920	2880	2400	1				
6	4	2880	3840	3360	1				
7	5	3840	4800	4320	0				
8	6	4800	5760	5280	1				

Рисунок 3

Заданные параметры «входной» и «выходной» информации модели надежности в МЕ

Для заполнения неизвестных исходных данных следует подсчитать число (частоту) значений случайной величины в каждом интервале (например, число отказов в интервале исследуемого объекта – эмпирическую частоту отказов в интервале Δn – и число отказов к моменту $n_i(t)$), суммарное число отказов в текущем интервале, вычисленное для середины интервала [5].

$$n_i(t) = a_1 + a_2 + \dots + a_i / 2, \quad (4)$$

где $a_1 \dots a_n$ – значения эмпирической частоты отказа в интервалах (Δn), шт.; a_i – значение эмпирической частоты в текущем интервале, шт.

Следовательно, для первого интервала формула (4) примет вид:

$$n_i(t) = a_i / 2, \quad (5)$$

Далее следует определить эмпирическую вероятность отказов для середины интервала $F_{ci}(t)$ по формуле:

$$F_{ci}(t) = \frac{n_i(t)}{N}, \quad (6)$$

где $n_i(t)$ – число отказов в интервале (суммарное число отказов в текущем интервале, вычисленное для середины интервала); i – номер интервала; N – суммарное количество всех наблюдений (число отказов за весь период наблюдения), шт.

Исходя из того, что полная группа событий равна единице, т. е. сумма эмпирической вероятности безотказной $P_{ci}(t)$ работы со значение эмпирической вероятности отказов $F_{ci}(t)$ равна единице, определяется распределение эмпирической функции надежности $P_{ci}(t)$, т. о., вычисляется ее значение на каждом интервале:

$$P_{ci}(t) = 1 - F_{ci}(t). \quad (7)$$

Эмпирическим методом в качестве примера были рассчитаны данные для индуктора ЛЭП РС 3М (таблица 2), основываясь на которых, построен точечный график эмпирической вероятности безотказной работы индуктора, его вид приводится на рисунке 4.

Таблица 2 Расчетные данные для индуктора ЛЭП РС 3М

№	Середина интервала работы t , ч	Δn	N	$n_i(t)$	$F_{ci}(t)$	$P_{ci}(t)$
1	480	0	4	0	0	1
2	1440	1		0,5	0,125	0,875
3	2400	1		1,5	0,375	0,625
4	3360	1		2,5	0,625	0,375
5	4320	0		3	0,75	0,25
6	5280	1		3,5	0,875	0,125

Рисунок 4

График вероятности безотказной работы индуктора с линией тренда

В меню команд выберем линию тренда «Линейная аппроксимация» и «Полиномиальная аппроксимация» [13, 14], установим уравнение теоретической функции надежности и величину достоверности аппроксимации (R^2) на диаграмму (рисунок 4).

Линейное уравнение ($y = -0,0002 \cdot x + 1,0988$) и полиномиальное уравнение ($y = 0,00000001 \cdot x^2 - 0,0002 \cdot x + 1,1531$) на графике рисунка 4 представляют собой теоретическую функцию надежности (модель надежности) $P_{3T}(t)$, полученную в

результате использования графического метода компьютерного моделирования:

$$P_{3T}(t) = -0,0002 \cdot x + 1,0988; \quad (8)$$

$$P_{3T}(t) = 0,00000001 \cdot x^2 - 0,0002 \cdot x + 1,1531. \quad (9)$$

Вычислим значения теоретической функции надежности для середины временного интервала t , которые рассчитаны на основании полученной формулы (5). В таблице 3 представлены расчетные данные, полученные по графику.

Таблица 3 Расчетные данные для индуктора

№	Середина интервала работы, t , ч	Δn	N	$n_i(t)$	$F_{ci}(t)$	$P_{ci}(t)$	$P_{2T}(t)$	Интенсивность отказов, λ	Коэффициент, C	$P_{3T}(t)$
1	480	0	4	0	0	1	0,825307	0,0004	1,515	1,2503
2	1440	1		0,5	0,125	0,875	0,562142			0,8516
3	2400	1		1,5	0,375	0,625	0,382893			0,5800
4	3360	1		2,5	0,625	0,375	0,2608			0,3951
5	4320	0		3	0,75	0,25	0,177639			0,2691
6	5280	1		3,5	0,875	0,125	0,12099			0,1833

Величина достоверности аппроксимации R^2 представляет собой так называемый коэффициент детерминации – это доля дисперсии зависимой переменной, объясняемая рассматриваемой моделью, по значению которого можно судить о правомерности использования экспоненциального уравнения регрессии, вычисляемой по формуле [1, 10, 11]:

$$R^2 = \frac{S_x}{S_0},$$

где S_x – сумма квадратов различия между двумя уровнями x ; S_0 – суммарное действие факторов.

Если коэффициент детерминации приближается к 1, то эту зависимость можно использо-

вать для предсказания результата. В данном случае коэффициент детерминации $R^2 = 0,9869$, поэтому гипотезу об квадратичной (полиномиальной) зависимости распределения времени безотказной работы можно принять и полученную модель надежности считать достоверной [10].

Используем полученную модель надежности для прогнозирования вероятности безотказной работы индуктора ЛЭП РС ЗМ за заданное время. Для предсказания прогноза в полученную формулу модели надежности $P_{3T}(t)$ вместо независимой переменной t подставить конкретное заданное значение времени (таблица 4).

Таблица 4 Прогнозирование отказов индуктора

№	Середина интервала работы, t ч	Δn	N	$n_i(t)$	$F_i(t)$	$P_{ci}(t)$	$P_{2T}(t)$	Интенсивность отказов, λ	Коэффициент, C	$P_{3T}(t)$
1	480	0	4	0	0	1	0,8253	0,0004	1,51	1,2803
2	1440	1		0,5	0,125	0,875	0,5621			0,8516
3	2400	1		1,5	0,375	0,625	0,3828			0,5800
4	3360	1		2,5	0,625	0,375	0,2608			0,3951
5	4320	0		3,0	0,750	0,250	0,1776			0,2691
6	5280	1		3,5	0,875	0,125	0,1209			0,1833
7	6240	–		–	–	–	–			0,1248
...	7200	–		–	–	–	–			0,0850
14	12960	–		–	–	–	–			0,0084
15	13920	–		–	–	–	–			0,0057

По полученным данным построим график прогнозирования отказов индуктора на будущий период 5280...13920 ч работы (рисунок 5).

Проанализировав полученные данные (таблица 5) и построенные графики в МЕ (рисунок

5), сделаем вывод, что таким методом расчета можно вычислить эксплуатационную надежность и спрогнозировать время отказов всех элементов по отдельности, и в частности всей ЗМ с ЛЭП РС (рисунок 6).

Таблица 5 Расчетные данные для индуктора

№	Интервал работы, ч		Середина интервала работы, t ч	Δn	N	$n_i(t)$	$F_{ci}(t)$	$P_{ci}(t)$
1	0	960	480	8	59	4	0,067797	0,932203
2	960	1920	1440	10	59	13	0,220339	0,779661
3	1920	2880	2400	9	59	22,5	0,381356	0,618644
4	2880	3840	3360	9	59	31,5	0,533898	0,466102
5	3840	4800	4320	9	59	40,5	0,686441	0,313559
6	4800	5760	5280	14	59	52	0,881356	0,118644

Рисунок 5
Прогнозирование отказов индуктора

Рисунок 6
Прогнозирование отказов ЗМ с ЛЭП РС

Выводы. Рассмотрены методы построения надежности, рассчитана эмпирическая вероятность безотказной работы, проведено прогнозирование работы каждого элемента зерноочистительной установки и установки в целом (по результатам наблюдений за период работы прогнозируемая вероятность на 12480...13440 ч (1,42...1,53 г.) составит 0,00849 %). При этом адекватность составленной модели на прогнози-

руемый период может колебаться, поэтому возможны увеличения вероятности появления отказов в связи с окончанием срока эксплуатации и за счет естественного износа и старения. Из этого можно сделать вывод, что принцип исследования эксплуатационной надежности при выявлении неисправностей может быть применим и к другим видам зерноочистительных машин.

Библиографический список

1. Бледных, В.В. Исследование операций в сельском хозяйстве и агроинженерии [Текст] / В.В. Бледных. Москва: Росинформагротех, 2012. 150 с.
2. Komarov V.A. Research of Technical Service Enterprises for Promoting Equipment Reliability (Case Study of Agro-Industrial Complex of the Republic of Mordovia). Mordovia university bulletin. Mordovia, 2018. Pp. 222–238.
3. Копылов, И.П. Математическое моделирование электрических машин [Текст]: учеб. для вузов / И.П. Копылов. М.: Высш. шк., 2001. 327 с.
4. Линенко, А.В. Математическая модель инерционного транспортера на базе линейного асинхронного электропривода со звеном предварительного разгона [Текст] / А.В. Линенко, С.В. Акчурин // Фундаментальные основы научно-технической и технологической модернизации АПК (ФОНТиТМ-АПК-13): материалы Всерос. науч.-практ. конф. (06–07 июня 2013 года, г. Уфа). Уфа: Башкирский ГАУ, 2013. Ч. 1. С. 409–416.
5. Макарова, Н.В. Статистика в Excel [Текст]: учеб. пособие / Н.В. Макарова. М.: Финансы и статистика, 2003. 368 с.
6. Моделирование в агроинженерии [Текст]: учебно-методическое пособие для студентов-магистров, обучающихся по направлению 35.04.06 (110800) «Агроинженерия» / А.И. Ясаков, Е.А. Листров. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2014. 96 с.
7. Надежность в технике. Термины и определения [Текст]. Федеральное агентство по техническому регулированию и технологии ГОСТ 27.002-2009. Введ. с 2011-01-01. М.: Стандартинформ, 2010. 28 с.
8. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Государственная система обеспечения единства измерений [Текст]: ГОСТ Р 8.010-2013. Введен от 01.03.2015. М.: Стандартинформ, 2019. 14 с.
9. Туктаров, М.Ф. Повышение надежности линейных электроприводов [Текст] / М.Ф. Туктаров, С.В. Фефелова, В.Г. Байназаров // Наука молодых – инновационному развитию АПК. Материалы XI Национальной научно-практической конференции молодых ученых. Уфа: Башкирский ГАУ, 2018. С. 57–61.
10. Туктаров, М.Ф. Линейный асинхронный электродвигатель как один из элементов надежности зерноочистительной машины [Текст] / М.Ф. Туктаров, С.В. Фефелова // Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы IX междунар. науч.-техн. конф. Саратов: СГАУ, 2018. С. 219–221.
11. Tyutrin S. Improving reliability of parts of mounted mower according to monitoring results by fatigue gauges from tin foil. Engineering for Rural Development: Th international scientific conference engineering for rural development. LATVIA. Jelgava, 2019. С. 22–27.

12. Федоренко, В.Ф. Зерноочистка – состояние и перспективы [Текст] / В.Ф. Федоренко, Е.Л. Ревякин. М.: Росинформагротех, 2006. 204 с.

13. Шпет, Н.А. Оценка эксплуатационной надежности технических устройств [Текст] / Н.А. Шпет // Электронные и электромеханические системы и устройства. Тезисы докладов XIX науч.-техн. конф. 16–17 апреля 2015 г. Томск: НПЦ Полюс, 2015. С. 114–116.

14. R.S. Aipov, R.B. Yarullin, I.I. Gabitov, S.G. Mudarisov, A.V. Linenko, M.N. Farhshatov, E.R. Khasanov, F.Z. Gabdrafiqov, G.P. Yukhin and R.R. Galiullin, 2018. Mechatronic System Linear Swing Vibrating Screen of a Grain Cleaner. Journal of Engineering and Applied Sciences, 13: 6473–6477.

Сведения об авторах

1. **Яруллин Ринат Бариевич**, доктор технических наук, профессор кафедры электрических машин и электрооборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: linenko-bsau@yandex.ru.

2. **Туктаров Марат Фанисович**, кандидат технических наук, доцент кафедры электрических машин и электрооборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: Marat.TukZar@yandex.ru.

3. **Бадретдинов Ильдар Дамирович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой математики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: badri7ildar@mail.ru.

4. **Фефелова Светлана Валерьевна**, аспирант, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: www.Svet1k15@mail.ru.

5. **Байназаров Валинур Галинурович**, аспирант, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: Baynazv@mail.ru.

Предложена методика определения эксплуатационной надежности линейного электропривода зерноочистительной машины, метод определения основан на существующей теории надежности с использованием компьютерной программы Microsoft Excel. Приведены данные эмпирического наблюдения с использованием ГОСТ 24055-2016 «Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки» за период работы зерноочистительной машины. Выявлено число отказов в интервале времени и за весь период работы зерно-

очистительной машины. Приведены расчеты эмпирической вероятности отказов для середины интервала, определена эмпирическая функция надежности с использованием графиков, вероятности безотказной работы, построенных в программе Microsoft Excel. Спрогнозирован период отказов и аварийных случаев отдельных элементов и установки в целом. Предложенная методика позволяет предотвратить негативные последствия, аварийные случаи, тем самым снизить экономические потери и повысить срок эксплуатации.

R. Yarullin, M. Tuktarov, I. Badretdinov. S. Fefelova, V. Baynazarov

PROCEDURE FOR DETERMINING OPERATIONAL RELIABILITY OF A LINEAR ELECTRIC DRIVE IN THE GRAIN CLEANING MACHINE

Key words: *linear electric drive; operational reliability; probability of failure-free operation; emergency failures; probability of failure; grain cleaning machine.*

Authors' personal details

1. **Yarullin Rinat**, Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Professor at The Electric Machines And Electrical Equipment Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: linenko-bsau@yandex.ru.

2. **Tuktarov Marat**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Electric Machines and Electrical Equipment Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: Marat.TukZar@yandex.ru.

3. **Badretdinov Ildar**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, head of the Mathematics Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: badri7ildar@mail.ru.

4. **Fefelova Svetlana**, Post-graduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: www.Svet1k15@mail.ru

5. **Baynazarov Valinur**, Post-graduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: Baynazv@mail.ru.

The paper describes a procedure for determining operational reliability of a linear electric drive in the grain cleaning machine. The technique was based on the existing theory of reliability using the Microsoft Excel (ME) computer program. The grain cleaning machine operation was observed and the data were presented in line with the national standard GOST 24055-2016. Agricultural machinery. Methods of operational and technological assessment. The number of failures for the time interval and the number of failures for the entire operational

period of the grain cleaning machine were revealed. The empirical probability of failures for the midpoint of the interval was calculated, the empirical reliability function was determined using graphs describing the probability of failure-free operation plotted in the ME program. Periods of failures and emergency failures of the separate components and the machine were predicted. Thanks to the procedure negative consequences, emergency cases could be prevented thereby reducing economic losses and increasing the lifespan of the machine.

© Яруллин Р.Б., Туктаров М.Ф., Бадретдинов И.Д., Фефелова С.В., Байназаров В.Г.

Требования к научным статьям и условия публикации

Для публикации в научном периодическом (4 номера в год) издании – журнале «Вестник Башкирского государственного аграрного университета» (далее по тексту: Журнал) принимается ранее не опубликованное автором (авторами) произведение по отраслям наук: **05.00.00 Технические науки, 06.00.00 Сельскохозяйственные науки и Ветеринарные науки по группам специальностей: 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем, 06.01.00 Агрономия, 06.02.00 Ветеринария и Зоотехния.** Статья должна быть актуальной, содержать постановку научной задачи (проблемы), описание собственных результатов исследования и состоять из следующих блоков: *введение; цель и задачи исследования; условия, материалы и методы исследования; результаты исследования; выводы.*

В редакцию авторы предоставляют:

✓ Материалы публикации в электронной форме в редакторе Word с расширением *.rtf, оригинал статьи, подписанный авторами – почтой.

✓ Отчет о проверке рукописи статьи в программе «Антиплагиат» (www.antiplagiat.ru). **При оригинальности работы менее 75 % она возвращается на доработку.**

✓ Лицензионный договор с автором(ами) о передаче исключительных прав сроком на 5 лет издательству Башкирского ГАУ. Образец договора, размещенный на сайте Журнала www.vestnik.bsau.ru, заполняется, подписывается автором(ми) в 2-х экземплярах и пересылается в сканированной форме по электронной почте в редакцию Журнала со статьей, а оригиналы договора – почтой.

✓ Выписку из протокола заседания кафедры или научного отдела о рекомендации статьи для публикации в Журнале, заверенную подписью и печатью организации

Правила оформления статьи:

1. Объем статьи 8–15 страниц формата А4, шрифт Times New Roman, размер – 14 кегль, межстрочный интервал – 1,0; абзац – 0,9 см; поля 20 мм со всех сторон.

2. Рисунки, схемы и графики в черно-белом цвете предоставляются в электронном виде, включенными в текст, в стандартных графических форматах с обязательной подрисовочной подписью, и отдельными файлами с расширением *.jpeg, *.tif.

3. Таблицы предоставляются в редакторе Word, шрифт размером – 12 кегль. **Формулы и математические символы** в тексте набираются в стандартном редакторе формул Microsoft Equation; формулы нумеруются, после формулы приводится расшифровка символов, содержащихся в ней, в том порядке, в котором символы расположены в формуле.

4. На первой странице указываются: индекс по универсальной десятичной классификации (УДК) – слева в верхнем углу; на следующей строке – инициалы, фамилия автора (авторов); на следующей строке – название статьи на русском языке заглавными буквами; на следующей строке – ключевые слова или словосочетания (не менее 5) на русском языке (слова отделяются друг от друга точкой с запятой).

5. Далее по порядку следует текст статьи.

6. В конце статьи оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 библиографический список из 15–20 источников, **в т. ч.** не менее 50 % ссылок на публикации из периодических изданий – журналов; не менее 30 % ссылок на публикации из реферативных баз *Web of Science* и (или) *Scopus*; публикации должны быть не старше 3 лет, допускается не более 10 % ссылок старше 10 лет. Ссылки на источники в тексте приводятся в квадратных скобках, например [1]; в библиографическом списке приводятся только те источники, на которые есть ссылка в тексте. **Самоцитирование – не более 20 %.**

7. Сведения об авторе (авторах) на русском языке: фамилия, имя, отчество (полностью), ORCID (при наличии), ученая степень, ученое звание, должность, название организации, служебный адрес, телефон, e-mail.

8. Аннотация на русском языке (200–250 слов). НЕ повторяется название статьи. НЕ разбивается на абзацы. Структура аннотации кратко отражает структуру работы. Вводная часть минимальна. Изложение результатов содержит КОНКРЕТНЫЕ сведения (выводы, рекомендации и т. п.). Нежелательно использовать аббревиатуры и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы). Избегайте использования вводных слов и оборотов! Числительные, если не являются первым словом, передаются цифрами. Все русские аббревиатуры передаются в расшифрованном виде, если у них нет устойчивых аналогов в англ. яз. (допускается: ВТО – WTO, ФАО – FAO и т. п.).

9. Инициалы, фамилии авторов на английском языке. При переводе на английский язык недопустимо использование машинного перевода!

10. Название статьи на английском языке.

11. Ключевые слова на английском языке.

12. Сведения об авторе (авторах) на английском языке.

13. Аннотация на английском языке.

Материалы в электронном виде необходимо направлять по e-mail: vestnik-bsau@mail.ru. Материалы в печатном виде направляются по адресу: 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, каб. 139, редакция Журнала «Вестник Башкирского государственного аграрного университета». Представленные в редакцию рукописи авторам не возвращаются.

Несоответствие представленных материалов по одному из выше перечисленных пунктов может служить основанием для отказа в публикации.

Все рукописи, представляемые авторами для публикации в Журнале, подлежат проверке в системе «Антиплагиат.ВУЗ» для выявления возможных некорректных заимствований с последующим прохождением института рецензирования (экспертной оценки), по результатам чего редакционная коллегия принимает окончательное решение о целесообразности опубликования поданных автором материалов. Информацию о прохождении статьи можно получить по телефону (347) 228-15-11.

Отчет о проверке рукописи статьи в системе «Антиплагиат.ВУЗ» хранится в издательстве в течение срока действия лицензионного договора.

За фактологическую сторону поданных в редакцию материалов юридическую и иную ответственность несут авторы. Редакция оставляет за собой право вносить редакционные изменения и производить сокращение в статье. Корректур статей авторам не предоставляется.

Плата за публикацию статьи в Журнале, в том числе с аспирантов, не взимается.

Подробная информация о журнале и требованиях к статьям размещена на сайте: www.vestnik.bsau.ru.