

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

# СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

УЧРЕДИТЕЛИ: СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ОСНОВАН В 1971 г

Том 47, № 5 (258)



2017  
сентябрь – октябрь

Главный редактор академик РАН А.С. ДОНЧЕНКО  
Заместитель главного редактора О.Н. ЖИТЕЛЕВА

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В.В. Альт	академик РАН, Новосибирск, Россия
А.Н. Власенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
В.В. Власов	академик РАН, Новосибирск, Россия
Г.П. Гамзиков	академик РАН, Новосибирск, Россия
И.М. Горобей	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
А.С. Денисов	доктор технических наук, Новосибирск, Россия
Н.А. Донченко	доктор ветеринарных наук, Новосибирск, Россия
Н.М. Иванов	доктор технических наук, Новосибирск, Россия
В.К. Каличкин	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
Н.И. Кашеваров	академик РАН, Новосибирск, Россия
С.Н. Магер	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия
К.Я. Мотовилов	член-корреспондент РАН, Новосибирск, Россия
П.М. Першукевич	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.И. Пыжикова	доктор экономических наук, Красноярск, Россия
В.А. Солошенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.А. Сурин	академик РАН, Красноярск, Россия
И.Ф. Храмов	академик РАН, Омск, Россия
И.Н. Шарков	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия

## Иностранные члены редколлегии

В.В. Азаренко	доктор технических наук, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, академик-секретарь Отделения аграрных наук НАН Беларуси, Минск, Беларусь
Б. Бямбаа	доктор ветеринарных наук, академик Академии наук Монголии, президент Монгольской академии аграрных наук, Улан-Батор, Монголия
А.М. Наметов	доктор ветеринарных наук, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, председатель правления Национального аграрного научно-образовательного центра Республики Казахстан, Астана, Казахстан
Т. Трифонова	профессор доктор, председатель Сельскохозяйственной академии Республики Болгария, София

Научный журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» включен в утвержденный ВАК Перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны публиковаться основные научные результаты диссертационных работ на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал представлен в международной библиографической базе данных Agris, включен в международный каталог периодических изданий “Ulrich’s Periodicals Directory” (издательство “Bowker”, США).

«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» входит в Russian Science Citation Index (RSCI) на базе Web of Science.



Редакторы Г.Н. Ягунова, Е.В. Мосунова  
Оператор электронной верстки Н.Ю. Бориско  
Переводчик М.Е. Роговская

Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ ФС77-64832 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 2 февраля 2016 г.

Издатель: Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук  
Адрес редакции: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, а/я 463.  
Тел./факс (383)348-37-62 e-mail:  
vestnik.nsk@ngs.ru; http://www.sorashn.ru

Сдано в набор 30.10.17. Подписано в печать 20.11.17. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 14,5.  
Уч-изд. л. 15,5. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агробιοтехнологий Российской академии наук

© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук», 2017  
© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2017

www.sibvest.elpub.ru



## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

### *ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И ХИМИЗАЦИЯ*

### *AGRICULTURE AND CHEMICALIZATION*

- Моторин А.С., Букин А.В.** Водно-физические свойства осушаемых торфяных почв лесостепной зоны Северного Зауралья 5
- Еремин Д.И., Груздева Н.А.** Агрогенные изменения плотности серых лесных почв в Северном Зауралье 13
- Игловиков А.В.** Приемы оптимизации водно-теплового режима нарушенных грунтов в условиях Крайнего Севера 23

- Motorin A.S., Bukin A.V.** Water-physical properties of drained peat soils in the forest-steppe zone of Northern Trans-Ural region 5
- Eremin D.I., Gruzdeva N.A.** Agrogenic changes in density of gray forest soils in Northern Trans-Ural region 13
- Iglovikov A.V.** Methods for optimizing water and thermal regimes of disturbed soils under conditions of the Far North 23

### *САДОВОДСТВО*

### *HORTICULTURE*

- Асбаганов С.В., Кобозева Е.В., Агафонов А.В.** Воздействие температурного и водного стресса на покой и прорастание семян рябины сибирской 33

- Asbaganov S.V., Kobozeva E.V., Agafonov A.V.** Effects of high temperature and water stress on dormancy and germination of *Sorbus sibirica* seeds 33

### *КОРМОВАЯ БАЗА*

### *NUTRITIVE BASE*

- Кашеваров Н.И., Полищук А.А., Понамарева В.И., Лебедев А.Н.** Влияние приемов ухода на продуктивность кукурузы при возделывании на кормовые цели 40

- Kashevarov N.I., Polishchuk A.A., Ponomareva V.I., Lebedev A.N.** Effects of cultivation techniques on maize productivity for feed purposes 40

**ЖИВОТНОВОДСТВО**

- Гончаренко Г.М., Магер С.Н., Гришина Н.Б., Хорошилова Т.С., Плахина О.В. Сравнительная оценка полиморфизма *CSN3*, *PRL*, *BLG*, *TNF- $\alpha$*  генов и групп крови у коров симментальской породы 47
- Яранцева С.Б. Увеличение периода хозяйственного использования коров породы Сибирячка 57

**ВЕТЕРИНАРИЯ**

- Донченко Н.А., Афонюшкин В.Н., Николаева И.В., Храпов Е.А., Мишуква О.В., Тромenschлегер И.Н., Филипенко М.Л., Давыдова Н.В. Изучение представителей микробиоты зерна, устойчивых к солям меди, цинка, марганца и йода 64

**МЕХАНИЗАЦИЯ  
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА**

- Иванов Н.М., Федоренко И.Я., Захаров С.Е., Сухопаров А.А. Определение подачи зерна при сепарации планетарным цилиндрическим решетом с круглыми отверстиями 72
- Сабашкин В.А., Сухопаров А.А., Синицын В.А., Захаров С.Е. Выделение соломистых примесей зернового вороха цилиндрическим решетом 80

**АВТОМАТИЗАЦИЯ,  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
И ИНФОРМАЦИОННОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

- Чешкова А.Ф., Алейников А.Ф., Гребенникова И.Г., Стёпочкин П.И. Применение программной среды R для дисперсионного анализа данных в селекционных исследованиях 88

**ANIMAL HUSBANDRY**

- Goncharenko G.M., Mager S.N., Grishina N.B., Khoroshilova T.S., Plakhina O. V. Comparative evaluation of polymorphisms in the *CSN3*, *PRL*, *BLG* and *TNF- $\alpha$*  genes and blood groups in Simmental cows
- Yarantseva S.B. Increasing the length of productive life of cows of Sibiryachka breed

**VETERINARY SCIENCE**

- Donchenko N.A., Afonyushkin V.N., Nikolayeva I.V., Khrapov E.A., Mishukova O.V., Tromenschleger I.N., Filipenko M.L., Davydova N.V. Studying representatives of wheat grain microbiota resistant to copper, zinc, manganese and iodine salts

**MECHANIZATION  
AND ELECTRIFICATION  
OF AGRICULTURE**

- Ivanov N.M., Fedorenko I.Ya., Zakharov S.E., Sukhoparov A.A. Evaluating grain feed at separation by planetary cylindrical sieve with round holes
- Sabashkin V.A., Sukhoparov A.A., Sinitzyn V.A., Zakharov S.E. Removing straw impurities from grain heaps by cylindrical sieve

**AUTOMATION,  
MODELING  
AND DATAWARE**

- Cheshkova A.F., Aleynikov A.F., Grebennikova I.G., Stepochkin P.I. Application of the R software environment for analysis of variance in breeding research

**ПЕРЕРАБОТКА  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ  
ПРОДУКЦИИ**

**Кротова М.Г., Луницын В.Г.** Эффективность использования ферментов микробного происхождения при переработке сырья маралов 97

**AGRIPRODUCTS PROCESSING**

**Krotova M.G., Lunitsyn V.G.** Effectiveness of using enzymes of microbial origin in maral raw stuff processing

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

**Инербаева А.Т., Чекрыга Г.П.** Микробиологическая оценка мясных рубленых полуфабрикатов с добавлением растительных гомогенатов и концентратов 104

**BRIEF REPORTS**

**Inerbayeva A.T., Chekryga G.P.** Microbiological evaluation of minced meat semi-finished products with the addition of vegetable homogenates and concentrates

**НАШИ ЮБИЛЯРЫ**

**Василий Андреевич Мороз**  
(к 80-летию со дня рождения) 110

**OUR HEROES OF THE DAY**

**Commemorating the 80th birthday of**  
Vasily Andreyevich Moroz



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-1

УДК 626.8:551.345:554.495 (571.1)

**ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ  
ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ****А.С. МОТОРИН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,****А.В. БУКИН, кандидат биологических наук, доцент***Государственный аграрный университет Северного Зауралья**625003, Россия, Тюмень, ул. Республики, 7*

e-mail: a.s.motorin@mail.ru

Изложены результаты многолетних (1976–2016) исследований водно-физических свойств длительно сезонно-мерзлотных торфяных почв Северного Зауралья. Исследования проводили на опытном участке площадью 278 га с осушительными каналами и гончарным дренажом, расположенном на надпойменной террасе р. Тура в Тюменской области. Показано, что изменения водно-физических свойств носят функциональный характер и обусловлены преимущественно хозяйственным использованием почвы, состоянием ее поверхности и различаются по степени разложения (20–45 % и более) растений-торфообразователей. За 40-летний период торфяная почва уменьшилась от 1,5 до 0,9–1,0 м (наиболее активно в первые 5 лет после осушения – на 1,5 см ежегодно). Снижение величины торфяной почвы на 86 % обусловлено уплотнением, а не минерализацией органического вещества. Отмечено увеличение плотности сложения торфяной почвы за счет естественного процесса усадки и припахивания подстилающего минерального грунта. Незначительное увеличение плотности твердой фазы почвы доказало стабильность этого показателя: на 5,4 % за 35 лет исследований для среднемошной торфяной почвы в слое 0,3 м, на 1,2 % – маломошной за 20-летний период. Показано влияние сельскохозяйственного использования почв на минерализацию торфа, которое привело к снижению наименьшей влагоемкости: на 11,5 % в корнеобитаемом слое (0,3 м) среднемошной почвы за 35-летний период; 6,4 – маломошной и на 10,2 % в торфяном (0,2 м) слое торфянисто-глеевой почвы за 20 лет.

**Ключевые слова:** водно-физические свойства, торфяная почва, плотность сложения, твердая фаза почвы, наименьшая влагоемкость.

Долговременное использование и сохранение плодородия торфяных почв возможно лишь при всестороннем учете их особенностей и изменений как положительных, так и отрицательных, которыми сопровождаются процессы осушения и возделывания сельскохозяйственных культур [1]. Изучив процессы, которые происходят с торфяными почвами при их сельскохозяйственном использовании, можно предотвратить те ошибки, которые были характерны для мелиоративной практики прошлых лет [2, 3].

Важные показатели эффективного плодородия торфяных почв – их водно-физи-

ческие свойства. Большое значение для установления последствий осушения и сельскохозяйственного использования на состав и свойства торфяных почв имели исследования на мелиоративных системах Беларуси [4], Нечерноземной зоны России [5, 6], Республики Коми [7], Карелии [8], Барабинской низменности [9], Западной Сибири [10, 11].

Осушение – главный первичный фактор, приводящий к изменению всех почвенных процессов, протекающих в торфяной залежи [12]. Возделывание сельскохозяйственных культур и связанное с этим периодическое рыхление почвы (вспашка, диско-

вание и др.), использование добавок минерального грунта и удобрений – вторичные факторы, которые оказывают существенное влияние на изменение водно-физических и физико-химических свойств, протекающих в освоенной торфяной почве [13]. Интенсивность и направленность изменения свойств и режимов вовлеченной в культуру торфяной почвы зависят от оптимального сочетания первичных и вторичных факторов [14]. Многие стороны этой проблемы в своеобразных климатических условиях лесостепной зоны Северного Зауралья изучены недостаточно. Еще меньше уделено внимания агромелиоративным приемам их регулирования. Все это сдерживает разработку приемов, направленных на оптимизацию водно-физических свойств осушаемых торфяных почв.

Цель исследований – изучить особенности водно-физических свойств осушаемых длительно сезонно-мерзлотных торфяных почв Северного Зауралья при возделывании многолетних трав.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проводили с 1976 по 2016 г. на опытно-экспериментальной системе Решетниково, расположенной в Тюменской области в центральной части Тарманского болотного массива, занимающего площадь 125,8 тыс. га на второй надпойменной озерно-аллювиальной террасе реки Тура. Общая площадь системы 278 га, из которых 60 га осушали гончарным дренажом с различными параметрами заложения: глубина от 0,9 до 1,8 м, расстояние между дренами от 8 до 40 м. Остальную часть осушали открытыми каналами с расстоянием между ними 100–250 м и глубиной 1,5–1,7 м.

На объекте Решетниково исследовали водно-физические свойства торфянисто-глеевой (слой торфа 0,2 м), маломощной (0,7 м) и среднеспособной (1,5 м) торфяной почвы. Растениями-торфообразователями здесь были осоки, тростник, гипнум и др. Степень разложения торфа изменялась от 20 до 45 %. Максимальная ее величина была у торфянисто-глеевой почвы (более 50 %).

Первичная обработка на опытном участке проведена машиной МТП-42 на глубину 0,2 м. Предпосевная обработка во все годы включала 2–3-кратное дискование боронами БДТ-3,0 и прикатывание водоналивными катками ЗКВБ-1,5. На опытном участке возделывали многолетние травы (кострец безостый и овсяница луговая). В течение 20-летнего периода через каждые 5 лет многолетние травы заменяли на 2 года однолетними культурами. В качестве однолетних культур использовали овес и озимую рожь на зеленый корм. На протяжении последних 20 лет на опытном участке перезалужение многолетних трав не проводили. Овсяница луговая в травостое представлена единично, доминирует кострец безостый. Доля дикорастущих видов травянистой растительности составляет 2–3 %.

Исходные водно-физические свойства торфа определяли перед осушением и изучали по методикам, общепринятым в почвоведении [15, 16]. Для отбора почвенных образцов закладывали почвенные разрезы на постоянных (закрепленных) площадках.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Исследованиями установлено, что изменения водно-физических свойств носят функциональный характер и обусловлены преимущественно хозяйственным использованием почвы и состоянием ее поверхности. Свидетельством тому является плотность сложения среднеспособной торфяной почвы. Плотность сложения почвы при атмосферно-намывном типе водного питания значительно изменяется по профилю (табл. 1).

В результате отмирания растительности образовался весьма неоднородный по степени разложения торфяник: слаборазложившиеся слои (15–20 %) чередуются со средне-разложившимися (30–45 %). Различия плотности сложения по профилю торфяной почвы сохраняются после длительного (35 лет) сельскохозяйственного использования.

Существенное влияние на плотность сложения торфяной почвы, особенно в первые годы после осушения, оказывает про-

Таблица 1

Плотность сложения осушаемых торфяных почв под многолетними травами, г/см<sup>3</sup>

Период	Глубина, м					0,6–1,0
	0–0,1	0,1–0,2	0,2–0,3	0,3–0,4	0,4–0,5	
<i>Среднемощная торфяная почва</i>						
До осушения	0,126	0,122	0,131	0,123	0,126	0,114
После осушения, лет:						
5	0,187	0,154	0,151	0,133	0,135	0,150
9	0,188	0,180	0,156	0,165	0,154	0,152
13	0,193	0,215	0,157	0,159	0,153	0,156
23	0,227	0,193	0,152	0,154	0,155	0,159
35	0,230	0,200	0,160	0,159	0,160	0,155
<i>Маломощная торфяная почва</i>						
5	0,181	0,175	0,176	0,156	0,151	0,96
9	0,194	0,185	0,172	0,158	0,160	0,94
20	0,200	0,190	0,182	0,158	0,158	0,97
<i>Торфянисто-глеевая почва</i>						
5	0,310	0,320	1,63	1,62	1,61	1,59
20	0,315	0,325	1,65	1,55	1,62	1,60

цесс уплотнения (усадки). Усадка торфяных почв в процессе использования происходит преимущественно за счет уменьшения объема больших пор. В связи с этим наиболее интенсивно процессы усадки идут в слаборазложившихся торфах, где преобладают крупные поры [1].

Одним из косвенных показателей уплотнения является уменьшение величины торфяного слоя. Снижение на 86 % обусловлено уплотнением, а не минерализацией органического вещества. В условиях Северного Зауралья нами установлено ежегодное сокращение величины торфяной почвы на 1,5 см в первые 5 лет, на 1–1,2 – на протяжении 15 лет и на 0,6–0,7 см в последующие годы. В целом за 40-летний период торфяная почва уменьшилась от 1,5 до 0,9–1,0 м.

В отношении динамики изменения плотности сложения при сельскохозяйственном использовании торфяных почв заслуживают внимания данные, полученные в Беларуси [17]. Существенные изменения в торфяных

почвах здесь происходят в первые 18–25 лет. Аналогичная закономерность установлена в Северном Зауралье. Плотность сложения в пахотном слое (0,2 м) почвы в первые 5 лет после осушения возросла на 37,1 %, через 9 лет – на 48,4, через 13 лет – на 64,5, через 23 года – на 69,3 и через 35 лет – на 73,4 %. Из приведенных данных видно, что ежегодное увеличение плотности сложения снижается от 7,4 % в первые 5 лет после осушения до 2,1–3,0 % в последующие годы. В подпахотном слое 0,3–0,5 м значительное увеличение плотности сложения происходит только первые 9 лет. Полученные результаты подтверждают ведущую роль уровня залегания грунтовых вод в увеличении плотности сложения торфяной почвы. Влияние минерализации торфа проявляется в пахотном слое. На глубине 0,6–1,0 м через 5 лет после осушения существенных изменений плотности сложения не происходит.

В условиях Барабы за 32 года плотность сложения увеличилась лишь в 0,3-метровом

слое, на глубине 0,3–1,14 м она осталась без изменений. В первые 18 лет плотность сложения в 0,3-метровом слое возросла на 46 %, в последующие 15 лет – всего на 5 %. Увеличение массы пахотного слоя в основном происходит за счет уплотнения торфа при усадке. Биохимическая сработка торфа незначительна. За 32 года она в метровом слое составила 70 т/га, т.е. 2,2 т/га в год, или 0,1 % от общего запаса торфа [9]. Значительные различия в динамике возрастания плотности сложения, полученные в опытах и в условиях Центральной Барабы, обусловлены прежде всего глубиной залегания грунтовых вод. Чем глубже залегают грунтовые воды, тем выше темпы разложения органического вещества торфа. За 40 лет биохимическая сработка торфа при глубоком осушении (1,2–1,6 м в вегетационный период) в метровом слое составила 138 т/га, мелком (0,6–0,7 м) – 57,3 т/га, то есть соответственно 3,5 и 1,4 т/га в год, или 6,1 и 2,3 %, от общего запаса торфа.

Определение плотности сложения маломощной торфяной почвы на опытном участке рядом со среднемощной подтвердило полученные результаты. Основное повышение плотности сложения происходило в слое 0,3 м в первые годы после осушения, в дальнейшем происходило замедление процесса в 1,6 раза. Плотность сложения маломощной торфяной почвы незначительно отличалась от аналогичной величины среднемощной почвы, что обусловлено практически одинаковой степенью разложения торфа (25–35 %).

Степень разложения торфа у торфянисто-глеевой почвы значительно выше (> 50 %),

что отразилось на величине плотности сложения. За 20-летний период после осушения плотность сложения торфянисто-глеевой почвы увеличилась незначительно, находясь под многолетними травами. Сработка торфа (естественное уменьшение мощности торфяной залежи) оказалась минимальной, что очень важно, поскольку полная потеря органики неизбежно вызывает существенное снижение плодородия.

Значительное увеличение плотности сложения в пахотном слое торфянисто-глеевой почвы происходит за счет припахивания подстилающего минерального грунта (табл. 2).

Повышение плотности сложения торфяного слоя (0,2 м) объясняется его уплотнением за счет припахивания минерального грунта и изменения строения пор. Напротив, в слое 0,2–0,3 м и отчасти на глубине 0,3–0,4 м отмечается снижение плотности сложения подстилающего минерального грунта за счет обогащения органическим веществом в результате вспашки. Припахивание минерального грунта позволяет оптимизировать плотность сложения в 0,3-метровом слое почвы. По сути, речь идет о создании пахотного слоя с новыми водно-физическими свойствами.

В отличие от плотности сложения сравнительно стабильным показателем является плотность твердой фазы почвы. В значительной степени она определяется составом почвы и не зависит от сложения. На объекте Решетниково в течение 35 лет плотность твердой фазы среднемощной почвы увеличилась в слое 0,3 м на 5,4 %, 0,5 м – на 2,9 % (табл. 3).

Таблица 2

**Плотность сложения торфянисто-глеевой почвы в зависимости от глубины вспашки, г/см<sup>3</sup>**

Вариант опыта	Глубина, м					
	0–0,1	0,1–0,2	0,2–0,3	0,3–0,4	0,4–0,5	0,6–1,0
Вспашка, м:						
0,22	0,294	0,282	1,622	1,630	1,608	1,59
0,27	0,295	0,298	1,520	1,620	1,595	1,59
0,32	0,415	0,450	1,370	1,595	1,590	1,60
0,37	0,482	0,459	0,820	1,582	1,605	1,60

Таблица 3

Плотность твердой фазы осушаемых торфяных почв под многолетними травами, г/см<sup>3</sup>

Период после осушения, лет:	Глубина, м					
	0–0,1	0,1–0,2	0,2–0,3	0,3–0,4	0,4–0,5	0,6–1,0
<i>Среднемошная торфяная почва</i>						
5	1,60	1,53	1,47	1,54	1,54	1,52
9	1,65	1,55	1,50	1,52	1,56	1,51
23	1,70	1,54	1,59	1,53	1,59	1,52
35	1,74	1,53	1,57	1,52	1,54	1,53
<i>Маломощная торфяная почва</i>						
5	1,65	1,57	1,60	1,52	1,52	2,23
9	1,66	1,55	1,57	1,54	1,54	2,20
20	1,68	1,60	1,62	1,57	1,53	2,26
<i>Торфянисто-глеевая почва</i>						
5	1,72	1,62	2,60	2,63	2,68	2,70
9	1,70	1,69	2,63	2,73	2,70	2,69
20	1,79	1,73	2,69	2,63	2,73	2,68

На глубине 0,6–1,0 м она осталась практически на исходном уровне. Изменение плотности твердой фазы происходило постепенно. Через 9 лет в слое 0,3 м ее величина увеличилась на 2,6 %, через 23 года – на 5,2 %, 35 лет – на 5,4 %.

При проведении полевых исследований на маломощной торфяной почве получены подобные результаты. Плотность твердой фазы почвы практически осталась на исходном уровне. Под многолетними травами минерализация торфа протекает очень медленно, что объясняет стабильность твердой фазы маломощной торфяной почвы. С практической точки зрения это хорошо, поскольку подтверждает очень низкую сработку торфа. Длительное сохранение органического вещества торфа – залог будущих высоких урожаев и плодородия.

Проблема сохранения торфяного слоя еще более остро стоит у осушаемых торфянисто-глеевых почв. На опытном участке активную сработку торфа удалось предотвратить за счет поддержания уровня грунтовых вод на глубине 0,6–0,8 м. При этом плотность твердой фазы 0,2-метрового слоя за 20-летний период увеличилась только на 5,4 %.

Полученные результаты дают основание для вывода, что режим осушения маломощных и особенно торфянисто-глеевых почв должен существенно отличаться от уровня залегания грунтовых вод среднемошных почв. Такой подход обеспечит не только экономический, но и экологический эффект.

Увеличение плотности сложения и твердой фазы почвы при сельскохозяйственном использовании приводит к уменьшению наименьшей влагоемкости (табл. 4).

На полевом опытном участке при уровне грунтовых вод 1,2–1,6 м влагоемкость среднемошной торфяной почвы за 35-летний период в слое 0,5 м уменьшилась на 24,2 мм (8,5 %). При этом в корнеобитаемом слое (0,3 м) влагоемкость сократилась на 11,5 %, в подпахотном (0,3–0,5 м) – на 4,6 %. Самое незначительное снижение наименьшей влагоемкости произошло в слое 0,6–1,0 м, которое за 35-летний период составило 3,7 %, что обусловлено сокращением водоудерживающей способности коллоидов торфа.

Полевые исследования подтвердили снижение наименьшей влагоемкости у ма-

## Наименьшая влагоемкость осушаемых торфяных почв под многолетними травами, мм

Период после осушения, лет:	Глубина, м					
	0–0,1	0,1–0,2	0,2–0,3	0,3–0,4	0,4–0,5	0,6–1,0
<i>Среднемогущая торфяная почва</i>						
5	62,5	56,1	60,6	60,0	69,3	341,1
23	60,0	52,9	57,9	57,4	68,8	331,2
35	53,5	50,5	56,7	57,1	66,5	328,8
<i>Маломощная торфяная почва</i>						
5	60,2	58,5	60,5	60,5	63,8	303,5
9	58,2	60,5	59,9	56,7	61,2	296,5
20	54,7	54,3	58,8	60,3	62,4	290,1
<i>Торфянисто-глеевая почва</i>						
5	59,4	61,2	34,6	37,3	35,4	192,0
20	50,7	53,4	35,0	33,0	31,1	186,2

ломощной торфяной почвы. Через 9 лет после осушения наименьшая влагоемкость в слое 0,5 м сократилась на 7 мм (2,4 %), 20 лет – 13,4 мм (4,6 %). В корнеобитаемом (0,3 м) слое снижение влагоемкости имеет максимальную величину, соответственно 3,2 и 6,4 %. Минерализация органического вещества торфа является причиной снижения его водоудерживающей способности. Полученные результаты дают основание для предположения дальнейшего снижения влагоемкости.

Наименьшая влагоемкость торфянисто-глеевой почвы под многолетними травами за 20-летний период в слое 0,5 м уменьшилась на 24,7 мм (10,2 %). Основное сокращение влагоемкости почвы произошло в торфяном 0,2-метровом слое (16,5 мм – 13,7 %). Данные плотности сложения и твердой фазы почвы подтверждают процесс минерализации торфа, что приводит к снижению наименьшей влагоемкости. Для сохранения торфа торфянисто-глеевые почвы необходимо использовать только для выращивания многолетних трав, при этом поддерживать «луговой» тип водного режима (уровень грунтовых вод на глубине 0,7–0,9 м).

## ВЫВОДЫ

1. Изменения водно-физических свойств носят функциональный характер и обусловлены преимущественно хозяйственным использованием почвы и состоянием ее поверхности. Исходные водно-физические свойства осушаемых торфяных почв изменяются по профилю в связи с различной степенью разложения (20–45 % и более) растений-торфообразователей. Различия сохраняются после длительного (35 лет) сельскохозяйственного использования.

2. Плотность сложения среднемогущей почвы после осушения увеличивается главным образом за счет усадки. Снижение величины торфяной почвы на 86 % обусловлено уплотнением, а не минерализацией органического вещества. Ежегодное сокращение величины торфяной почвы составляет 1,5 см в первые 5 лет после осушения, 1,0–1,2 см – на протяжении 15 лет и 0,6–0,7 см в последующие 20 лет. В целом за 40-летний период торфяная почва уменьшилась от 1,5 до 0,9–1,0 м.

3. В первые 5 лет после осушения увеличение плотности сложения в слое 0,2 м составляет 7,4 %, в последующие годы снижается до 2,1–3,0 %. В подпахотном слое

(0,3–0,5 м) плотность сложения повышается в течение 9 лет. На глубине 0,6–1,0 м плотность сложения остается достаточно стабильной. В маломощной торфяной почве динамика изменения плотности сложения аналогична среднемощной почве. Значительное увеличение плотности сложения торфянисто-глеевой почвы происходит за счет припахивания (10–15 см) подстилающего минерального грунта.

4. Плотность твердой фазы почвы является сравнительно стабильным показателем, определяется ее составом и не зависит от сложения. В течение 35 лет плотность твердой фазы среднемощной торфяной почвы увеличилась в слое 0,3 м на 5,4 %, 0,5 м – на 2,9 %. На глубине 0,6–1,0 м она осталась на исходном уровне. Аналогичные результаты получены у маломощной и торфянисто-глеевой почвы.

5. Увеличение плотности сложения и твердой фазы почвы при сельскохозяйственном использовании приводит к снижению наименьшей влагоемкости. Наименьшая влагоемкость среднемощной торфяной почвы за 35-летний период в слое 0,5 м уменьшилась на 24,2 мм (8,5 %), 0,3 м – на 11,5 %. Влагоемкость маломощной торфяной почвы за 20-летний период сократилась в полуметровом слое на 13,4 мм (4,6 %). В торфяном слое (0,2 м) торфянисто-глеевой почвы влагоемкость через 20 лет снизилась на 16,5 мм (13,7 %).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Моторин А.С.** Влияние сельскохозяйственного использования на водно-физические свойства торфяных почв // Вестн. ТГСХА. – 2010. – № 1 (12). – С. 30–36.
2. **Инишева Л.И., Дырин В.А.** Выработанные торфяники и перспективы их использования // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 6. – С. 30–35.
3. **Бамбалов Н.Н., Ракович В.А.** Роль болот в биосфере. – Минск: Белнаука, 2005. – 285 с.
4. **Куликов Я.К.** Почвенно-экологические основы оптимизации сельскохозяйственных угодий Беларуси. – Минск: БГУ, 2000. – С. 24–32.
5. **Зайдельман Ф.Р.** Минеральные и торфяные почвы полесских ландшафтов. – М.: КРАСАНД, 2013. – 440 с.

6. **Маслов Б.С.** Гидрология торфяных болот. – М.: Россельхозакадемия, 2009. – 266 с.
7. **Скрынникова И.Н.** Некоторые проблемы мелиорации и сельскохозяйственного использования торфяных почв СССР // Материалы X Междунар. конгр. почвоведов. – М., 1974. – Т. 10. – С. 242–250.
8. **Дубина–Чехович Л.С., Смирнов С.Н., Котов С.Е.** Состояние торфяников Карелии и перспективы дальнейших научных исследований // Инновационные технологии в мелиорации. – М.: Изд-во ВНИИА, 2011. – С. 386–388.
9. **Логинов И.И.** Изменение торфяных почв Барабинской низменности под влиянием мелиорации // Мелиорация земель Сибири и Дальнего Востока. – М.: ВНИИГиМ, 1985. – С. 44–49.
10. **Моторин А.С.** Водно-физические свойства маломощных торфяных почв Северного Зауралья // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 9. – С. 37–42.
11. **Новохатин В.В.** Мелиорация болотных ландшафтов Западной Сибири. – Тюмень: Изд-во ТГУ, 2008. – 200 с.
12. **Синькевич Е.И.** Пути регулирования плодородия торфяных почв Европейского Севера. – Л.: Наука, 1985. – 266 с.
13. **Моторин А.С.** Плодородие торфяных почв Западной Сибири. – Новосибирск: ГРПО СО РАСХН, 1999. – 284 с.
14. **Ефимов В.Н.** Торфяные почвы и их плодородие. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 264 с.
15. **Зайдельман Ф.Р.** Методы эколого-мелиоративных изысканий и исследований почв. – М.: Колос, 2008. – 486 с.
16. **Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.** Методы исследования физических свойств почв. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 416 с.
17. **Лашкавич Г.И.** Вопросы сельскохозяйственного использования торфяных почв Полесья // Проблемы Полесья. – Минск: Наука и техника, 1973. Вып. 2. – С. 181–234.

#### REFERENCES

1. **Motorin A.S.** Vliyaniye sel'skokhozyaistvennogo ispol'zovaniya na vodno-fizicheskie svoystva torfyanykh pochv // Vestnik TGSKhA. – 2010. – № 1 (12). – S. 30–36.
2. **Inisheva L.I., Dyrin V.A.** Vyrabotannyye torfyanyki i perspektivy ikh ispol'zovaniya //

- Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo. – 2015. – № 6. – S. 30–35.
3. **Bambalov N.N., Rakovich V.A.** Rol' bolot v biosfere. – Minsk: Belnauka, 2005. – 285 s.
  4. **Kulikov Ya.K.** Pochvenno-ekologicheskie osnovy optimizatsii sel'skokhozyaistvennykh ugodii Belarusi. – Minsk: BGU, 2000. – S 24–32.
  5. **Zaidel'man F.R.** Mineral'nye i torfyanye pochvy polesskikh landshaftov. – M.: KRAS-AND, 2013. – 440 s.
  6. **Maslov B.S.** Gidrologiya torfyanykh bolot. – M.: Rossel'khozakademiya, 2009. – 266 s.
  7. **Skrynnikova I.N.** Nekotorye problemy melioratsii i sel'skokhozyaistvennogo ispol'zovaniya torfyanykh pochv SSSR // Materialy X Mezhdunar. kongr. pochvovedov. – M., 1974. – T. 10. – S. 242–250.
  8. **Dubina–Chekhovich L.S., Smirnov S.N., Kotov S.E.** Sostoyanie torfyanikov Karelii i perspektivy dal'neishikh nauchnykh issledovaniy // Innovatsionnye tekhnologii v melioratsii. – M.: Izd-vo VNIIA, 2011. – S. 386–388.
  9. **Loginov I.I.** Izmenenie torfyanykh pochv Barabinskoi nizmennosti pod vliyaniem melioratsii // Melioratsiya zemel' Sibiri i Dal'nego Vostoka. – M.: VNIIGiM, 1985. – S. 44–49.
  10. **Motorin A.S.** Vodno-fizicheskie svoystva malomoshchnykh torfyanykh pochv Severnogo Zaural'ya // Agrarnyi vestnik Urala. – 2016. – № 9. – S. 37–42.
  11. **Novokhatin V.V.** Melioratsiya bolotnykh landshaftov Zapadnoi Sibiri. – Tyumen': Izd-vo TGU, 2008. – 200 s.
  12. **Sin'kevich E.I.** Puti regulirovaniya plodorodiya torfyanykh pochv Evropeiskogo Severa. – L.: Nauka, Leningr. otd-nie, 1985. – 266 s.
  13. **Motorin A.S.** Plodorodie torfyanykh pochv Zapadnoi Sibiri. – Novosibirsk: GRPO SO RASKhN, 1999. – 284 s.
  14. **Efimov V.N.** Torfyanye pochvy i ikh plodorodie. – L.: Agropromizdat, 1986. – 264 s.
  15. **Zaidel'man F.R.** Metody ekologo-meliorativnykh izyskaniy i issledovaniy pochv. – M.: Kolos, 2008. – 486 s.
  16. **Vadyunina A.F., Korchagina Z.A.** Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv. – M.: MGU, 1986. – 416 s.
  17. **Lashkavich G.I.** Voprosy sel'skokhozyaistvennogo ispol'zovaniya torfyanykh pochv Poles'ya // Problemy Poles'ya. – Minsk: Nauka i tekhnika, 1973. Vyp. 2. – S. 181–234.

## WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF DRAINED PEAT SOILS IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF NORTHERN TRANS-URAL REGION

**A.S. MOTORIN, Doctor of Science in Agriculture, Professor,  
A.V. BUKIN, Candidate of Science in Biology, Associate Professor**  
*Northern Trans-Ural State Agricultural University  
7, Respubliki St, Tyumen, 625003, Russia  
e-mail: a.s.motorin@mail.ru*

Results are given from long-term (1976–2016) studies on water-physical properties of seasonally frozen peat soils in Northern Trans-Ural region. The studies were conducted on the experimental site of 278 hectares having open drain canals and tile drainage, and located on the alluvial terrace above the floodplain of the Tura River in Tyumen District, Tyumen Region. It has been shown that changes in water-physical properties of soils are of a functional nature and mainly due to the economic soil use and soil surface condition, and differ in a decomposition degree of peat-forming plants (20–45 percent, and more). For 40 years, the peat soil thickness decreased from 1.5 to 0.9–1.0 m, by 1.5 cm annually during the first five years after draining. An 86 percent reduction in the peat soil thickness was due to soil compaction rather than organic matter mineralization. The peat soil bulk density was observed to increase due to the natural process of shrinkage and tilling the underlying mineral soil. The density of the solid soil phase increased slightly for the years of study that has indicated the stability of this index: it increased by 5.4 percent in the 0.3 m layer of medium-textured peat soil for 35 years, and by 1.2 percent in shallow soil for 20 years. It has been shown that the agricultural use of soils impacted the mineralization of peats that resulted in the reduction in the minimum water capacity: by 11.5 percent in the root layer (0.3 m) of medium-textured soil for 35 years; by 6.4 percent in shallow soil, and by 10.2 percent in the peat layer (0.2 m) of peaty-gley soil for 20 years.

**Keywords:** water-physical properties, peat soil, bulk density, solid soil phase, minimum water capacity.

*Поступила в редакцию 29.08.2017*



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-2

УДК 631.41

**АГРОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ  
В СЕВЕРНОМ ЗАУРАЛЬЕ****Д.И. ЕРЕМИН<sup>1</sup>, доктор биологических наук, профессор,  
Н.А. ГРУЗДЕВА<sup>2</sup>, ведущий агрохимик**<sup>1</sup> Государственный аграрный университет Северного Зауралья  
625003, Россия, Тюмень, ул. Республики, 7  
e-mail: soil-tyumen@yandex.ru<sup>2</sup> Государственная станция агрохимической службы «Тюменская»  
625041, Россия, Тюмень, ул. Роцинское шоссе, 2, корпус 10  
e-mail: g.nessi@mail.ru

Рассмотрены результаты многолетних (1994–2016) исследований влияния вовлечения целинных почв в сельскохозяйственный оборот на процессы почвообразования. Исследования проведены на трех подтипах серых лесных почв (светло-серых, серых и темно-серых) в подтаежной зоне в Ярко-ковском, Нижнетавдинском и Тюменском районах Тюменской области. Показано, как под действием ежегодных механических обработок изменяются физические показатели, химические и водные свойства пахотных почв, что влияет на питательный режим культурных растений и процесс гумусообразования. Исследования плотности твердой фазы, сложения и агрегатов серых лесных почв проведены в сравнении с образцами с целинных участков. Установлено, что плотность сложения гумусового горизонта светло-серых и серых лесных почв находится в пределах верхней границы оптимальных значений – 1,24 и 1,31 г/см<sup>3</sup>; в темно-серых лесных почвах – 1,10 г/см<sup>3</sup>. Длительное использование этих почв в пашне привело к увеличению плотности твердой фазы до 2,62–2,80 г/см<sup>3</sup>. Плотность сложения пахотного горизонта серых лесных почв имеет более широкий диапазон варьирования в течение вегетации. Ежегодные механические обработки поддерживают ее в пределах 1,14–1,20 г/см<sup>3</sup>. Выявлена тенденция постепенного уплотнения пахотного горизонта. Антропогенные изменения плотности твердой фазы и сложения прослеживаются до 40 см вглубь. Ежегодные механические обработки почвы и дефицит растительных остатков привели к формированию на пашне почвенных агрегатов с плотностью 1,36–1,40 г/см<sup>3</sup>, тогда как на целине этот показатель составляет – 1,19–1,28 г/см<sup>3</sup>. Показано, что антропогенное переуплотнение может негативно отразиться на водном режиме пахотных серых лесных почв и снизить продуктивность пашни.

**Ключевые слова:** серые лесные почвы, целина, пашня, твердая фаза почвы, плотность сложения, почвенные агрегаты, коэффициент интенсивности уплотнения.

Северное Зауралье – активно развивающийся в сельскохозяйственном направлении регион. Увеличение числа поголовья крупного рогатого скота, свиней и птицы требует повышения валовых сборов зерна и других кормов. Решение проблемы возможно путем внедрения новых сортов зерновых культур местной селекции, способных фор-

мировать высокие урожаи зерна [1–3], и за счет вовлечения новых земель в пахотный фонд. В Тюменской области активно используют серые лесные почвы, причем не только темно-серые, но и другие, менее гумусированные – светло-серые и серые лесные. Хозяйства, расположенные в южной подтайге Северного Зауралья, вынуждены

размещать поля только на них, поскольку более плодородных почв практически нет. Для повышения сборов зерна приходится увеличивать антропогенную нагрузку на почву. Серые лесные почвы, как отмечает Л.Н. Каретин [4], потенциально плодородны, но при вовлечении их в сельскохозяйственный оборот резко ухудшают свои свойства и для их рационального использования требуется разработка индивидуальных мероприятий по расширенному воспроизводству плодородия.

Изменения различных видов плотности серых лесных почв под действием длительного сельскохозяйственного использования изучены недостаточно. Для выявления роли антропогенного фактора необходимы многолетние стационарные исследования пашни и целины.

Цель исследования – изучить плотность твердой фазы, сложения и агрегатов серых лесных почв, вовлеченных в сельскохозяйственный оборот.

#### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Стационарные участки заложены в 1994 г. агрохимической станцией «Тюменская» в различных административных районах Тюменской области. Стационар № 28 расположен в Ярковском районе, в подтаежной зоне (57°18'24", 66°56'25"). Почва светло-серая лесная среднесуглинистая на лёссовидном суглинке, распаханна в 30-е годы XX в. С момента закладки стационара и по настоящее время используется зернопропашной севооборот (картофель – яровая пшеница – яровая пшеница – ячмень – овес) с отвальной системой основной обработки почвы. Мощность пахотного горизонта за годы многолетнего использования светло-серой лесной почвы в пашне достигла 22 см. Содержание гумуса в нем составляет 3,2 %, что соответствует запасам 92 т/га. Для сравнительного анализа влияния антропогенного фактора на динамику гумусного состояния светло-серой лесной почвы использовался целинный участок, находящийся на расстоянии 200 м от стационара, поэтому

факторы почвообразования, за исключением антропогенного, идентичны.

Стационар № 19 расположен в Нижнетавдинском районе, в подтаежной зоне (57°29'35", 65°44'05"). Почва серая лесная среднесуглинистая на лёссовидном суглинке, распаханна в 30-е годы XX в. На стационаре используется зернопропашной севооборот (картофель – яровая пшеница – яровая пшеница – овес) с отвальной системой обработки почвы. Содержание гумуса и его запасы в пахотном горизонте, мощность которого 22 см, соответствуют 3,7 % и 106 т/га. Участок целинной серой лесной почвы находится в 300 м от стационара. Почва относится к среднесуглинистой разновидности.

Стационар № 30 в Тюменском районе (координаты 57°05'30", 65°03'00"). Почва темно-серая среднесуглинистая, сформировавшаяся на лёссовидном суглинке. На стационаре используется зернотравяно-пропашной севооборот с отвальной системой основной обработки почвы. Чередование сельскохозяйственных культур: кукуруза на силос – яровая пшеница – яровая пшеница – ячмень – клевер – клевер – яровая пшеница – яровая пшеница – овес – овес. Мощность пахотного горизонта составляет 30 см. Содержание гумуса в нем достигает 5,3 %, что соответствует 140 т/га почвенного органического вещества. Целинный участок темно-серых лесных почв непосредственно примыкает к полю – находится в 200 м от места отбора почвенных образцов, и представляет сильно изреженный березовый лес с хорошо развитым разнотравно-бобово-злаковым травянистым покровом.

Почвенные образцы отбирали в течение вегетации сельскохозяйственных культур. Отбор проводили послойно с интервалом 10 см с последующим усреднением в 12-кратной повторности. Определение плотности проводили на агрохимической станции «Тюменская» и на кафедре почвоведения и агрохимии Государственного аграрного университета Северного Зауралья в соответствии с нормативной документацией на методы анализов. Плотность твердой фазы – пикнометрическим способом, плот-

ность сложения – по Качинскому, плотность агрегатов – методом парафинирования [5]. Коэффициент интенсивности уплотнения определяли расчетным способом, как отношение плотности сложения за определенный промежуток времени [6]

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Плотность твердой фазы гумусового слоя целинных серых лесных почв не имеет существенных различий по подтипам. Несмотря на то, что содержание органического вещества в светло-серых и темно-серых лесных почвах различается, плотность твердой фазы в слое 0–20 см варьирует в очень узких пределах – 2,45–2,54 г/см<sup>3</sup> (табл. 1). Глубже данный показатель увеличивается в светло-серых лесных почвах до 2,68–2,71 г/см<sup>3</sup>, в темно-серых – до 2,61–2,62 г/см<sup>3</sup>. Это доказывает, что в серых лесных почвах на плотность твердой фазы преимущественно влияет гранулометрический состав. Поскольку тип серых лесных почв в Северном Зауралье формируется в условиях промывного типа водного режима, в нем проявляется процесс иллювиирования (перемещения илистой фракции вглубь профиля). В светло-серых лесных почвах этот процесс проявляется в максимальной степени, поэтому плотность твердой фазы в слое 20–40 см достигает 2,71 г/см<sup>3</sup>. Темно-серые лесные почвы развиваются при периодически-промывном типе водного режима. Иллювиирование на целине практически отсутству-

ет, а формирование иллювиального горизонта проходило в далеком прошлом [7].

Данные 2012 и 2015 гг. показывают, что плотность твердой фазы не меняется с годами – отклонения находятся в пределах ошибки измерения. Поэтому наличие значительных отклонений между целиной и пашней служит доказательством антропогенного влияния на почвообразовательный процесс. Исследования пашни, проводимые в 1994, 2012 и 2015 гг., показали, что плотность твердой фазы не меняется относительно первоначальных значений. В слое 0–20 см закономерность уменьшения плотности твердой фазы от светло-серой к темно-серой лесной почве остается, минимальные значения составляют 2,54–2,62 г/см<sup>3</sup>.

Сравнение плотности твердой фазы на целине и пашне показало наличие достоверного отклонения значений во всех подтипах серой лесной почвы. Максимальные изменения отмечены у пахотной темно-серой лесной почвы – отклонение в слое 0–40 см относительно целины составило 6,9 %. Это объясняется увеличением глубины промачивания пашни, что вызывает процесс иллювиирования. Данный факт является региональной особенностью почвообразования Северного Зауралья [8, 9]. В результате нисходящего движения воды в глубь темно-серой лесной почвы происходит перемещение не только минеральных частиц, размеры которых менее 0,01 мм, но и гумусовых веществ. Аналогичный эффект зарегистри-

Таблица 1

Плотность твердой фазы целинных и пахотных подтипов серых лесных почв, г/см<sup>3</sup>

Подтип почвы	Глубина отбора, см	Целина		Пашня			НСР <sub>05</sub>
		2012 г.	2015 г.	1994 г.	2012 г.	2015 г.	
Светло-серая лесная	0–20	2,52	2,54	2,64	2,68	2,68	0,10
	20–40	2,68	2,71	2,78	2,78	2,77	0,08
Серая лесная	0–20	2,50	2,48	2,57	2,58	2,56	0,12
	20–40	2,67	2,66	2,70	2,72	2,75	0,10
Темно-серая лесная	0–20	2,48	2,45	2,54	2,60	2,62	0,12
	20–40	2,61	2,62	2,71	2,75	2,80	0,14

рован в пахотных черноземах лесостепной зоны Зауралья [10].

В светло-серых лесных почвах антропогенное изменение плотности твердой фазы отмечено в слое 0–20 см – отклонение относительно целины составило 5,5 %. В слое 20–40 см изменения в пределах ошибки измерения ( $НСР_{05} = 0,08 \text{ г/см}^3$ ). Данный факт объясняется тем, что именно в этом слое на целине происходит максимальный процесс вымывания частиц, тем самым формируется полноценный элювиальный горизонт, обедненный илестыми частицами. При вовлечении светло-серых лесных почв в пахотный оборот миграция частиц не увеличивается. В подтипе серой лесной почвы не установлено антропогенного изменения плотности твердой фазы – отклонения в пределах ошибки ( $НСР_{05} = 0,10\text{--}0,12 \text{ г/см}^3$ ).

Плотность сложения имеет огромное агрофизическое значение. Уплотненная почва препятствует росту и развитию корневой системы, а чрезмерно рыхлая не обеспечивает хорошего контакта корней с поверхностью почвенных агрегатов. Плотность сложения является динамическим показателем, меняющим свои значения не только в разрезе лет, но и в течение вегетационного периода. И в этом случае очень важна скорость уплотнения и возможность естественного разрыхления. Последнее особенно касается подпахотных слоев, которые нельзя разрыхлить искусственно.

Плотность сложения определяли после уборочных работ, до проведения вспашки.

Это дало возможность исключить влияние поверхностных обработок. Светло-серые лесные почвы характеризуются незначительной амплитудой плотности сложения пахотного слоя (0–20 см). На протяжении 21 года она варьировала от 1,17 до 1,27 г/см<sup>3</sup>, что находится в пределах верхней границы оптимальных для развития зерновых культур значений (табл. 2). В слое 20–40 см плотность закономерно возрастает – в 1994 г. она составила 1,34 г/см<sup>3</sup> и до 2002 г. оставалась на одном уровне. С 2008 г. подпахотный горизонт начал постепенно уплотняться и к 2015 г. плотность сложения достигла 1,45 г/см<sup>3</sup>. В условиях Северного Зауралья наличие переуплотненного горизонта может привести к резкому ухудшению аэрации, особенно при заполнении пустот водой в период осенних дождей и весеннего снеготаяния. По данным Л.Н. Каретина, в целинных светло-серых лесных почвах проявляются признаки формирования уплотненных горизонтов вследствие естественных элювиально-иллювиальных процессов. Однако плотность сложения на глубине 20–40 см на целине не превышала 1,35 г/см<sup>3</sup> [4]. Уплотнение с 2008 по 2015 г. обусловлено усилением механического давления рабочих органов почвообрабатывающих орудий и частичной миграцией илестых частиц из пахотного горизонта.

Плотность сложения серой лесной почвы, вовлеченной в пахотный фонд, не отли-

Таблица 2

Динамика плотности сложения подтипов пахотной серой лесной почвы, г/см<sup>3</sup>

Подтип почвы	Глубина отбора, см	Год					
		1994	1997	2002	2008	2011	2015
Светло-серая лесная	0–20	1,20	1,18	1,17	1,25	1,25	1,27
	20–40	1,34	1,35	1,32	1,38	1,40	1,45
Серая лесная	0–20	1,18	1,20	1,20	1,24	1,24	1,23
	20–40	1,36	1,34	1,35	1,45	1,45	1,46
Темно-серая лесная	0–20	1,14	1,15	1,15	1,20	1,22	1,20
	20–40	1,30	1,27	1,28	1,37	1,40	1,37

Примечание.  $НСР_{05}$  для слоя 0–20 см – 0,08 г/см<sup>3</sup>, для 20–40 – 0,07 г/см<sup>3</sup>

чается от значений предыдущего подтипа. В слое 0–20 см она варьировала по годам от 1,18 до 1,24 г/см<sup>3</sup>, в слое 20–40 см от 1,36 до 1,46 г/см<sup>3</sup>. Прослеживается та же тенденция, что и у светло-серых лесных почв, – с 2008 г. слой 20–40 см постепенно уплотняется.

Темно-серая лесная почва характеризуется более высоким содержанием органического вещества по сравнению с другими подтипами, поэтому она должна быть относительно рыхлой. За годы исследований плотность сложения пахотного горизонта варьировала от 1,14 до 1,22 г/см<sup>3</sup>. В слое 20–40 см данный показатель не имел существенных различий от предыдущих подтипов: с 1994 по 2002 г. плотность сложения была в пределах 1,27–1,30 г/см<sup>3</sup>. С 2008 по 2015 г. слой 20–40 см начал постепенно уплотняться, достигая 1,40 г/см<sup>3</sup>.

Процесс уплотнения слоя 20–40 см связан с использованием отвальной системы обработки почвы, и степень уплотнения зависит от гумусового состояния серых лесных почв. На светло-серой лесной почве отклонение плотности сложения в слое 20–40 см за 21 год составило 8,2 % от исходной величины, в серых и темно-серых – 7,7 и 5,4 %. Данный факт объясняется улучшением качественного состава гумуса от светло-серых к темно-серым почвам, что благоприятно сказывается на микроагрегатном составе пахотного горизонта. Формирование водопрочных микроагрегатов предотвращает миграцию илестых минеральных частиц вглубь, тем самым оказывает положительное действие на агрофизические свойства почв [11].

Наличие ежегодных механических обработок и резкие колебания влажности почвы являются причиной серьезных изменений плотности сложения почв, вовлеченных в пашню, что оказывает влияние на рост и урожайность сельскохозяйственных культур.

В мае плотность сложения в слое 0–20 см различалась по подтипам. В светло-серой лесной почве данный показатель составил 1,17 г/см<sup>3</sup>, в темно-серых лесных почвах – 0,98 г/см<sup>3</sup>. К июню слой 0–20 см уплотнился

до 1,15–1,20 г/см<sup>3</sup>, что является оптимальным для зерновых культур. Коэффициент интенсивности уплотнения пахотной темно-серой лесной почвы составил 1,22 ед., тогда как у светло-серой и серой лесных почв он был гораздо ниже – 1,01 и 1,06 ед. Данный факт указывает на то, что процесс уплотнения после осенней вспашки у этих подтипов почв к весне следующего года заканчивается и для разрыхления приходится применять дополнительные механические обработки. На целине, где механическое воздействие отсутствует, процесс разрыхления–уплотнения главным образом обусловлен изменением влажности, влияющей на объем пустот внутри почвы. К маю плотность сложения в слое 0–20 см варьировала по подтипам в пределах 0,81–1,14 г/см<sup>3</sup>. Скорость уплотнения была различна, о чем свидетельствует соответствующий коэффициент. В светло-серой лесной почве он составил 1,03 ед, у темно-серой – 1,16 ед.

Плотность сложения подпахотного слоя оказывает серьезное влияние на движение воды в почве. В пахотной светло-серой лесной почве плотность сложения в слое 20–40 см в мае достигала 1,35 г/см<sup>3</sup>, что соответствовало значениям целины (табл. 3). Однако в дальнейшем слой 20–30 см начал постепенно уплотняться, достигая максимальной величины 1,42 г/см<sup>3</sup>, что на 8 % выше значений целины. Поскольку в течение лета глубокая механическая обработка не проводилась, то уплотнение является результатом циклического процесса набухания–высыхания почвенных агрегатов под действием резкого изменения влажности пахотной светло-серой лесной почвы. На целине этого не происходит благодаря наличию естественной растительности, препятствующей сильному иссушению. В слое 30–40 см изменения плотности сложения в течение летнего периода не столь выражены – отклонения составили 0,03 г/см<sup>3</sup>.

В слое 20–30 см пахотных серых лесных почв плотность сложения в мае составила 1,27 г/см<sup>3</sup>, что на 3 % меньше значений целины. Однако к июню слой уплотнился

**Динамика плотности сложения серых лесных почв  
в течение вегетационного периода, г/см<sup>3</sup> (2010–2016 гг.)**

Подтип почвы	Глубина отбора, см	Пашня			Целина		
		Май	Июнь	Август	Май	Июнь	Август
Светло-серая лесная	0–20	1,17	1,18	1,24	0,98	1,01	1,08
	20–30	1,35	1,40	1,42	1,33	1,35	1,32
	30–40	1,35	1,38	1,38	1,35	1,35	1,36
Серая лесная	0–20	1,09	1,15	1,16	1,14	1,15	1,25
	20–30	1,27	1,35	1,40	1,31	1,32	1,35
	30–40	1,44	1,42	1,46	1,41	1,42	1,44
Темно-серая лесная	0–20	0,98	1,20	1,22	0,81	0,94	1,02
	20–30	1,20	1,28	1,35	0,98	1,10	1,14
	30–40	1,27	1,32	1,34	1,25	1,28	1,28

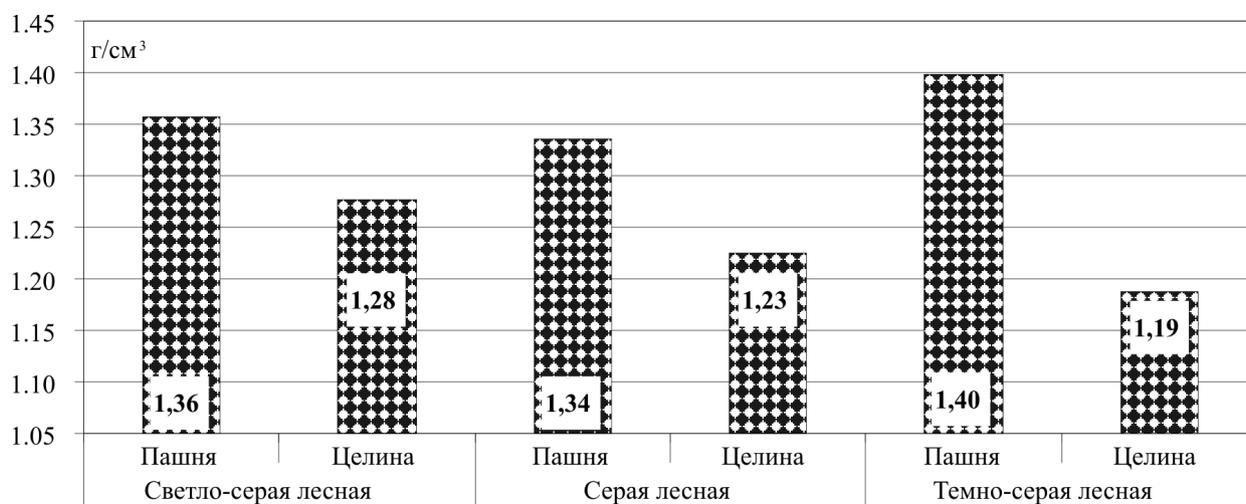
до 1,35 г/см<sup>3</sup>, тогда как на целине никаких изменений не было. В августе плотность слоя 20–30 см возросла на 10 % и достигла 1,40 г/см<sup>3</sup>. Слой 30–40 см пахотной серой лесной почвы характеризовался минимальным изменением плотности сложения в течение вегетационного периода и не отличался от целины.

Поскольку подтип темно-серых лесных почв выделяется среди других более высоким содержанием гумуса и мощным гумусовым слоем, то часто его сравнивают с черноземами. Однако в темно-серых лесных почвах процесс иллювиирования, в отличие от черноземов, является естественным. Это накладывает определенный отпечаток на распределение физической глины по профилю и соответствующие агрофизические свойства.

Плотность сложения слоя 20–30 см перед началом весенних работ составила 1,20 г/см<sup>3</sup>, тогда как на целине она была значительно ниже – 0,98 г/см<sup>3</sup>. На протяжении летнего периода слой уплотнился более чем на 10 % относительно мая, достигнув 1,35 г/см<sup>3</sup>. Интенсивность уплотнения слоя 20–30 см в пахотных темно-серых лесных почвах значительно выше, чем в черноземах, длительно используемых в пашне [12–14].

Процесс уплотнения в течение вегетации наблюдается в слое 30–40 см, что характерно и для черноземов. В мае плотность сложения составляла 1,27 г/см<sup>3</sup>, что соответствовало целине. Однако к августу данный показатель увеличился до 1,34 г/см<sup>3</sup> – уплотнение составило 6 % относительно мая. На целинном участке в этом же слое варьирование плотности сложения было в пределах ошибки измерения.

Плотность почвенных агрегатов выражает качественную характеристику агрофизических свойств. Ее изменение в сильной степени влияет на питательный и водный режимы почвы. При чрезмерно высокой плотности почвенных агрегатов их водопрочность будет излишне высокой, что может ухудшить условия гумусообразования, питания растений, а также негативно повлияет на водоподъемную способность почвы [15–17]. Рыхлые структурные отдельности обладают низкой водопрочностью, что в условиях затяжных дождей или в период активного снеготаяния приведет к резкому снижению водопроницаемости гумусового горизонта, а в отдельных случаях – формированию водонепроницаемого слоя. Для условий Северного Зауралья это грозит поверхностным переувлажнением и развитием водной эрозии в будущем [18–20].



Плотность агрегатов гумусового слоя целинных и пахотных серых лесных почв г/см<sup>3</sup>, 2012–2015 гг.

Целинные темно-серые лесные почвы Северного Зауралья характеризуются оптимальной плотностью агрегатов гумусового слоя, близкой по своему значению к черноземам. В среднем за годы исследований она составляет 1,19 г/см<sup>3</sup> (см. рисунок). С уменьшением гумусированности почвенные агрегаты становятся плотнее и достигают 1,28 г/см<sup>3</sup> в светло-серых лесных почвах. Учитывая тот факт, что оптимум находится в диапазоне 1,00–1,20 г/см<sup>3</sup>, можно отметить, что светло-серые лесные почвы изначально обладают повышенной плотностью агрегатов.

Старопахотные аналоги серой лесной почвы характеризуются излишне высокой плотностью агрегатов. Максимальная плотность структурных отдельностей среди изучаемых подтипов характерна для темно-серой лесной почвы, у которой данный показатель достигает 1,40 г/см<sup>3</sup>, что на 18 % выше верхней границы оптимума. Это происходит в результате изменения качественного состава гумуса и резких перепадов влажности пахотного горизонта. В подтипах светло-серой и серой лесной почв в составе гумуса на долю гуматов кальция приходится незначительная часть, а структурообразование более выражено по отношению к высокогумусным почвам. Поэтому на пашне формируются почвенные агрегаты с меньшей плотностью – 1,36 и 1,34 г/см<sup>3</sup>. Однако они также выходят за пределы оптимума.

## ВЫВОДЫ

1. Плотность твердой фазы в слое 0–40 см целинных серых лесных почв варьирует от 2,48 до 2,71 г/см<sup>3</sup>, постепенно уменьшаясь от светло-серых к темно-серым. Длительная распашка приводит к увеличению плотности твердой фазы до 2,68–2,77 г/см<sup>3</sup> в светло-серой и 2,62–2,80 г/см<sup>3</sup> в темно-серой лесной почве. Антропогенные изменения плотности твердой фазы проявляются до глубины 40 см.

2. Плотность сложения пахотного слоя (0–20 см) светло-серой лесной почвы за 21 год варьировала от 1,17 до 1,27 г/см<sup>3</sup>, в подпахотном горизонте – от 1,32 до 1,45 г/см<sup>3</sup>. Прослеживается тенденция постепенного уплотнения, несмотря на ежегодные механические обработки. В пахотных темно-серых лесных почвах пределы варьирования меньше – от 1,14 до 1,20 г/см<sup>3</sup> в слое 0–20 см и от 1,27 до 1,40 г/см<sup>3</sup> в слое 20–40 см.

3. В период проведения посевных работ плотность сложения пахотного горизонта находится в диапазоне оптимума и варьирует от 1,17 г/см<sup>3</sup> в светло-серой лесной почве до 0,98 г/см<sup>3</sup> в темно-серой. К июню пахотный слой уплотняется только в серой и темно-серой лесной почве, достигая 1,15 и 1,20 г/см<sup>3</sup>. На этих подтипах также выражен процесс уплотнения в слое 20–30 см. К августу плотность сложения в слое 0–20 см пахотной светло-серой лесной почвы увеличивается до 1,24 г/см<sup>3</sup>, что на 15 % выше

значений целины. В серой и темно-серой лесной почве процесс уплотнения слоя 0–20 см с июня по август отсутствует. Динамика плотности сложения в слое 30–40 см пахотных серых лесных почв минимальна и не имеет существенных отклонений по отношению к целине.

4. Плотность структурных агрегатов целинных серых лесных почв снижается от 1,28 до 1,19 г/см<sup>3</sup> по мере увеличения гумусированности. Длительное использование почв в пашне привело к формированию структурных отдельностей в пахотном горизонте с плотностью 1,36–1,40 г/см<sup>3</sup> с максимальным уплотнением в темно-серой лесной почве.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Власенко А.Н., Шарков И.Н., Шоба В.Н., Иодко Л.Н.** Экономические аспекты интенсификации технологий возделывания зерновых культур в лесостепи Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2014. – № 5. – С. 20–28.
2. **Казак А.А., Логинов Л.Ю.** Сортовые ресурсы яровой мягкой пшеницы Западной Сибири в решении продовольственной безопасности региона // Зерновое хозяйство. – 2016. – № 3. – С. 44–47.
3. **Фомина М.Н., Тоболова Г.В., Остапенко А.В.** Использование метода электрофреза проламинов в первичном семеноводстве на примере сорта овса Отрада // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 12. – С. 14–16.
4. **Каретин Л.Н.** Почвы Тюменской области. – Новосибирск: Наука, 1990. – 285 с.
5. **Шеин Е.В.** Агрофизика. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 400 с.
6. **Абрамов Н.В.** Совершенствование основных элементов систем земледелия в лесостепи Западной Сибири: дис. ... докт. с.-х. наук. – Омск, 1992. – 313 с.
7. **Кураченко Н.Л., Хижняк С.В.** Пространственное варьирование структурно-агрегатного состава черноземов и серых лесных почв Красноярской лесостепи в предельно однородных условиях почвообразования // Вестн. Алтайского ГАУ. – 2010. – № 1 (63). – С. 35–40.
8. **Фисунов Н.В., Еремин Д.И.** Влияние обработки почвы и посева на водопотребление озимой пшеницы в Зауралье // Земледелие. – 2013. – № 3. – С. 24–25.
9. **Моисеев А.Н., Еремин Д.И.** Оценка севооборотов по влагообеспеченности культур в условиях лесостепной зоны Зауралья // Аграрный вестн. Урала. – 2012. – № 1–11 (103). – С. 18–20.
10. **Рзаева В.В., Еремин Д.И.** Изменение агрофизических свойств чернозема выщелоченного при длительном использовании различных систем основной обработки и минеральных удобрений в Северном Зауралье // Вестн. Красноярского ГАУ. – 2010. – № 6. – С. 36–42.
11. **Мамонтов В.Г., Кузелев М.М., Шевченко А.А., Кончиц В.А.** Характеристика фракций гуминовых кислот обыкновенных черноземов по данным термического анализа // Плодородие. – 2010. – № 2. – С. 36–37.
12. **Кураченко Н.Л., Ульянова О.А., Чупрова В.В.** Влияние систем удобрения на изменение агрофизических свойств темно-серой лесной почвы // Агрохимия. – 2011. – № 4. – С. 22–29.
13. **Ульянова О.А., Бутенко М.С., Петрова Е.В.** Изменение показателей потенциального и эффективного плодородия агро-серой почвы под действием удобрений // Вестн. Красноярского ГАУ. – 2014. – № 5. – С. 77–82.
14. **Еремин Д.И., Моисеев А.Н.** Влияние севооборотов на агрофизические свойства чернозема выщелоченного // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2012. – № 6. – С. 26–32.
15. **Еремин Д.И., Абрамова С.В.** Биологическая активность и нитратный режим выщелоченных черноземов и луговых почв Тобол-Ишимского междуречья // Вестн. Красноярского ГАУ. – 2008. – № 2. – С. 67–71.
16. **Груздева Н.А., Котченко С.Г., Еремин Д.И.** Динамика содержания и запасов гумуса в агросерых лесных почвах Северного Зауралья // Плодородие. – 2017. – № 3 (96). – С. 16–19.
17. **Котченко С.Г., Груздева Н.А., Еремин Д.И.** Динамика содержания различных форм азота в пахотных серых лесных почвах Северного Зауралья // Плодородие. – 2017. – № 4. – С. 39–43.

18. **Савич В.И., Гукалов В.Н., Мансуров Б.А.** Агроэкологическая оценка развития эрозии во времени и в пространстве // *Плодородие*. – 2015. – № 3. – С. 40–42.
19. **Танасиенко А.А.** Специфика эрозии почв в Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – 176 с.
20. **Komissarov M.A., Gabbasova I.M.** Erosion of agrochernozems under sprinkler irrigation and rainfall simulation in the southern forest-steppe of Bashkir Cis-Ural region // *Eurasian Soil Science*. – 2017. – Vol. 50, N 2. – С. 253–261.

#### REFERENCES

1. **Vlasenko A.N., Sharkov I.N., Shoba V.N., Iodko L.N.** Ekonomicheskie aspekty intensifikatsii tekhnologii vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur v lesostepi Sibiri // *Sib. vestn. s.-kh. nauki*. – 2014. – № 5. – С. 20–28.
2. **Kazak A.A., Loginov L.Yu.** Sortovye resursy yarovoi myagkoi pshenitsy Zapadnoi Sibiri v reshenii prodovol'stvennoi bezopasnosti regiona // *Zernovoe khozyaistvo*. – 2016. – № 3. – С. 44–47.
3. **Fomina M.N., Tobolova G.V., Ostapenko A.V.** Ispol'zovanie metoda elektrofor-eza prolaminov v pervichnom semenovodstve na primere sorta ovsa Otrada // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. – 2016. – Т. 30, № 12. – С. 14–16.
4. **Karetin L.N.** Pochvy Tyumenskoi oblasti. – Novosibirsk: Nauka, 1990. – 285 s.
5. **Shein E.V.** Agrofizika. – Rostov-na-Donu: Feniks, 2006. – 400 s.
6. **Abramov N.V.** Sovershenstvovanie osnovnykh elementov sistem zemledeliya v lesostepi Zapadnoi Sibiri: dis. ... dokt. s.-kh. nauk. – Omsk, 1992. – 313 s.
7. **Kurachenko N.L., Khizhnyak S.V.** Prostranstvennoe var'irovanie strukturno-agregatnogo sostava chernozemov i serykh lesnykh pochv Krasnoyarskoi lesostepi v predel'no odnorodnykh usloviyakh pochvoobrazovaniya // *Vestn. Altaiskogo GAU*. – 2010. – № 1 (63). – С. 35–40.
8. **Fisunov N.V., Eremin D.I.** Vliyanie obrabotki pochvy i poseva na vodopotreblenie ozimoi pshenitsy v Zaural'e // *Zemledelie*. – 2013. – № 3. – С. 24–25.
9. **Moiseev A.N., Eremin D.I.** Otsenka sevooborotov po vlagoobespechennosti kul'tur v usloviyakh lesostepnoi zony Zaural'ya // *Agrar-nyi vestn. Urala*. – 2012. – № 1–11 (103). – С. 18–20.
10. **Rzaeva V.V., Eremin D.I.** Izmenenie agrofizicheskikh svoystv chernozema vyshchelochennogo pri dlitel'nom ispol'zovanii razlichnykh sistem osnovnoi obrabotki i mineral'nykh udobrenii v Severnom Zaural'e // *Vestn. Krasnoyarskogo GAU*. – 2010. – № 6. – С. 36–42.
11. **Mamontov V.G., Kuzelev M.M., Shevchenko A.A., Konchits V.A.** Kharakteristika fraktsii guminovykh kislot obyknovennykh chernozemov po dannym termicheskogo analiza // *Plodorodie*. – 2010. – № 2. – С. 36–37.
12. **Kurachenko N.L., Ul'yanova O.A., Chuprova V.V.** Vliyanie sistem udobreniya na izmenenie agrofizicheskikh svoystv temno-seroi lesnoi pochvy // *Agrokhimiya*. – 2011. – № 4. – С. 22–29.
13. **Ul'yanova O.A., Butenko M.S., Petrova E.V.** Izmenenie pokazatelei potentsial'nogo i effektivnogo plodorodiya agroseroi pochvy pod deistviem udobrenii // *Vestn. Krasnoyarskogo GAU*. – 2014. – № 5. – С. 77–82.
14. **Eremin D.I., Moiseev A.N.** Vliyanie sevooborotov na agrofizicheskie svoystva chernozema vyshchelochennogo // *Sib. vestn. s.-kh. nauki*. – 2012. – № 6. – С. 26–32.
15. **Eremin D.I., Abramova S.V.** Biologicheskaya aktivnost' i nitratnyi rezhim vyshchelochennykh chernozemov i lugovykh pochv Tobol-Ishimskogo mezhdurech'ya // *Vestn. Krasnoyarskogo GAU*. – 2008. – № 2. – С. 67–71.
16. **Gruzdeva N.A., Kotchenko S.G., Eremin D.I.** Dinamika sodержaniya i zapasov gumusa v agroserykh lesnykh pochvakh Severnogo Zaural'ya // *Plodorodie*. – 2017. – № 3 (96). – С. 16–19.
17. **Kotchenko S.G., Gruzdeva N.A., Eremin D.I.** Dinamika sodержaniya razlichnykh form azota v pakhotnykh serykh lesnykh pochvakh Severnogo Zaural'ya // *Plodorodie*. – 2017. – № 4. – С. 39–43.
18. **Savich V.I., Gukalov V.N., Mansurov B.A.** Agroekologicheskaya otsenka razvitiya erozii vo vremeni i v prostranstve // *Plodorodie*. – 2015. – № 3. – С. 40–42.
19. **Tanasienko A.A.** Spetsifika erozii pochv v Sibiri. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2003. – 176 s.
20. **Komissarov M.A., Gabbasova I.M.** Erosion of agrochernozems under sprinkler irrigation and rainfall simulation in the southern forest-steppe of Bashkir Cis-Ural region // *Eurasian Soil Science*. – 2017. – Vol. 50, N 2. – С. 253–261.

**AGROGENIC CHANGES IN DENSITY OF GRAY FOREST SOILS  
IN NORTHERN TRANS-URAL REGION**

**D.I. EREMIN<sup>1</sup>, Doctor of Science in Biology, Professor,  
N.A. GRUZDEVA<sup>2</sup>, Lead Agrochemist**

*<sup>1</sup>Northern Trans-Ural State Agricultural University  
7, Respubliki St, Tyumen, 625003, Russia  
e-mail: soil-tyumen@yandex.ru*

*<sup>2</sup>Tyumen State Agrochemical Service Station  
2, building 10, Roshchinskoye Shosse St, Tyumen, 625041, Russia  
e-mail: g.nessi@mail.ru*

Results are given from long-term (1994–2016) studies on the effect of involving virgin soils in agricultural use on soil formation processes. The studies were carried out on three subtypes of gray forest soils (light-gray, gray and dark-gray) in the subtaiga zone of Tyumen Region. It is shown how physical parameters and chemical and water properties of arable lands change as influenced by annual tillage that consequently affect the nutrient status of cultivated plants and humification processes. The studies on changes in solid soil phase density, soil formation and aggregation of gray forest soils were carried out in comparison with virgin soil samples. It has been established that the soil bulk density of humus horizon of light-gray and gray forest soils is within the upper bounds of the optimums of 1.24 and 1.31 g/cm<sup>3</sup>; dark-gray forest soils are characterized by the optimum density of 1.10 g/cm<sup>3</sup>. The prolonged use of these soils in tillage resulted in increasing the solid soil phase density up to 2.62–2.80 g/cm<sup>3</sup>. The soil bulk density of arable horizon of gray forest soils has a wider range of variation during the growing season. Annual tillage keeps it within 1.14–1.20 g/cm<sup>3</sup>. A tendency towards gradual compaction of the arable layer has been identified. Anthropogenic changes in solid soil phase and soil bulk densities can be traced to 40 cm deep. Annual tillage and reduced plant residues have resulted in forming soil aggregates with density of 1.36–1.40 g/cm<sup>3</sup>, while on virgin soils this parameter is 1.19–1.28 g/cm<sup>3</sup>. It has been shown that anthropogenic over-compaction could negatively affect the water regime of arable gray forest soils and reduce their productivity.

**Keywords:** gray forest soils, virgin soils, arable land, solid soil phase density, soil bulk density, soil aggregates, coefficient of compaction intensity.

*Поступила в редакцию 04.10.2017*



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-3

УДК 631.4:631.8

**ПРИЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА  
НАРУШЕННЫХ ГРУНТОВ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

**А.В. ИГЛОВИКОВ**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
директор агротехнологического института  
Государственный аграрный университет Северного Зауралья  
625003, Россия, г. Тюмень, ул. Республики, 7  
e-mail: an.iglovikov@mail.ru

Изложены результаты многолетних (2007–2010) исследований по изучению водно-теплового режима нарушенных грунтов и приемов его оптимизации в условиях Крайнего Севера. Установлено, что влажность нарушенных грунтов в значительной степени зависит от количества осадков в течение вегетационного периода. Мерзлота в условиях Крайнего Севера оказывает влияние на режим влажности, в значительной степени являясь ее регулятором. При незначительном выпадении осадков (84 мм) за вегетационный период мерзлота становится барьером для передвижения влаги в нижележащие слои, и атмосферная вода в течение долгого времени держится на уровне корнеобитаемого слоя, обеспечивая растения влагой на минимальном уровне. При большом количестве выпадения атмосферных осадков (123 мм) влажность корнеобитаемого слоя возрастает до верхнего предела оптимальных запасов (0,87–0,99 ПВ), несмотря на легкий гранулометрический состав грунтов. Применение торфяных биоматов помогает создавать более благоприятные условия увлажнения для появления всходов многолетних трав, их роста и развития, повышая влажность в слое грунта 0,2 м на 10–17 %. Благодаря слабой теплопроводности, растительный покров замедляет и уменьшает теплообмен между грунтами и атмосферой. Вследствие этого глубина оттаивания грунтов под растительным покровом уменьшается (44 см) по сравнению с обнаженными участками (54 см). Создание устойчивых фитоценозов многолетних трав на Крайнем Севере с целью снижения протаивания грунтов возможно при использовании повышенных доз минеральных удобрений ( $N_{90-160}P_{90-160}K_{90-160}$ ) в чистом виде или в сочетании с торфяными биоматами. В условиях Крайнего Севера оптимальная густота растительного покрова достигается при норме высева семян многолетних трав 120 кг/га.

**Ключевые слова:** биологическая рекультивация, многолетние травы, нарушенные земли, наименьшая влагоемкость, растительный покров.

Жесткие почвенно-климатические условия, хрупкость и ранимость природных систем почвенного покрова Крайнего Севера при техногенном нарушении не обеспечивают стабильность многолетнемерзлых пород [1]. Из-за резких колебаний абиотических условий, сравнительной простоты структуры почв, относительно невысокого видового разнообразия растительных сообществ они легко разрушаются под действием ан-

тропогенных факторов. Нарушения поверхности многолетнемерзлых почв приводят к изменению водно-теплового режима, усилению криогенных и других геологических процессов, изменяющих ландшафт в нежелательном направлении [2].

В зонах тундры и лесотундры растительный покров оказывает консервирующее влияние на грунты, замедляя процессы оттаивания, происходящие в верхних слоях,

уменьшая теплообмен между грунтами и атмосферой [2]. Промерзание, протаивание, пучение, просадка грунтов, а также солифлюкция под растительным покровом протекают в слое, толщина которого небольшая, поэтому они вызывают меньшее изменение грунтов, чем на обнаженных участках. Сплошной покров из мхов, лишайников и торфянистый слой, характерные для этих подзон, исключают развитие эрозии на севере или значительно затрудняют его на юге [3].

Удаление или частичное нарушение теплоизолирующих напочвенных покровов при техногенных нагрузках вызывают быстрое протаивание минеральных грунтов. Влажность почвы при наличии мерзлоты определяется количеством влаги, расходуемой на испарение почвой и растениями, с одной стороны, и количеством осадков в весенне-летний период и влагой, поступающей от таяния мерзлой толщи, – с другой [4]. Могут затрагиваться и подземные льды, тогда происходит просадка поверхности. В понижениях скапливается вода. Если почвы мелкодисперсны и не содержат льда, усиление процессов протаивания и осадки ослаблено. При крупнопесчаных и крупносkeletalных грунтах удаление растительного покрова резко усиливает их протаивание [5].

Один из наиболее важных условий, определяющих эффективное плодородие почвы, – ее температурный режим [6]. Постоянное близкое наличие мерзлоты к поверхности приводит к тому, что тесная связь между количеством солнечной радиации в вегетационный период и степени прогреваемости грунта происходит лишь в самой верхней части профиля [7]. Многие исследователи отмечают, что большое влияние на температурный режим территорий с вечной мерзлотой в летний период оказывает запас холода, накопленный в почве после суровых зим [8, 9]. Запас холода – сумма отрицательных температур в толще 20–160 см на фиксированных глубинах в районах Крайнего Севера, которая варьируется от –2100 до –3400 °. При среднегодовой температуре воздуха ниже –2 °С, грунт промерзший за

зиму, часто не успевает оттаять летом. Это может приводить к накоплению мерзлого грунта под деятельным слоем (сезонного промерзания и оттаивания), т.е. образованию слоя вечномерзлого грунта [10]. Глубоко промерзшие почвы Крайнего Севера медленно оттаивают, что сдерживает их прогревание [11]. В этих условиях чрезвычайно рельефно проступает связь между температурным, водным режимами и биологическими процессами, происходящими в почве [12].

Цель исследования – изучить водно-тепловой режим нарушенных грунтов Крайнего Севера и приемы его оптимизации.

### ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная работа выполнена на карьере намывного грунта трехгодичной выработки Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения (БНГКМ), находящегося в западной части среднего Ямала в 110 км от Карского моря, а также на песчаном карьере в 15 км от г. Салехард.

Добываемые грунты используются при строительстве автомобильных, железных дорог, вахтовых поселков, а также для создания искусственных почвосмесей, используемых при рекультивации техногенно нарушенного почвенного покрова [13–15].

В опытах под многолетние травы вносили нитроаммофоску, содержащую 16 % азота, 16 – фосфора и 16 % калия (ГОСТ Р 51520). Согласно утвержденным методикам в опытах проводили наблюдения за влажностью грунтов термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268–89), температурой – термометрами Савинова (ГОСТ 25358–82). Наименьшую влагоемкость (НВ) грунтов определяли путем залива площадок (метод, описанный Вадюниной и Корчагиной, ГОСТ 28168–89), глубину оттаивания грунтов – металлическим щупом (ГОСТ 262062–84). Фенологические наблюдения за ростом и развитием многолетних трав вели по методике ГСУ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Многолетним травам требуются повышенная влажность почвы в течение всего вегетационного периода. Наличие вечной мерзлоты на небольшой глубине от поверхности влияет на характер формирования режима влажности почвы.

Наши исследования на БНГКМ подтвердили, что влажность нарушенных грунтов в значительной степени зависит от количества осадков в течение вегетационного периода. В течение вегетационного периода 2008 г. выпало 123 мм осадков, 2010 г. – лишь 84 мм. Запасы общей влаги на контрольных делянках в слое 0,3 м в конце вегетации многолетних трав составили в 2008 г. – 115 мм, 2010 г. – 96,2 мм, т.е. на 18,8 мм меньше (16,3 %). Влажность грунтов под влиянием осадков существенно изменялась не только по годам, но и в течение вегетационного периода – от переувлажнения в ранневесенний и осенний периоды до ее дефицита летом (0,39 НВ) ( $r = 0,76$ ). Одна из основных причин неустойчивого режима влажности грунтов – ее низкая влагоемкость (табл. 1). Она обусловлена легким гранулометрическим составом изучаемых грунтов [16].

Для всех лет исследований влажность грунтов перед замерзанием была близка к полной влагоемкости (0,87–0,99 ПВ). Связано это с близким залеганием мерзлоты ( $r = 0,65$ ).

Мерзлота в условиях Крайнего Севера оказывает влияние на режим влажности, в значительной степени являясь ее регулятором. В то время, когда осадков выпадает мало, она становится барьером для пере-

движения влаги в нижележащие слои. Атмосферная вода в течение долгого времени держится на уровне корнеобитаемого слоя, обеспечивая растения влагой на минимальном уровне. При большом количестве выпадения атмосферных осадков влажность корнеобитаемого слоя возрастает до верхнего предела оптимальных запасов, несмотря на легкий гранулометрический состав грунтов.

На влажность грунтов значительное влияние оказывает также уровень минерального питания. Минимальные различия по вариантам опыта с нормами минеральных удобрений отмечены в период его закладки (1,0–1,4 мм). На следующий год в конце вегетации трав снижение содержания влаги в слое 0,3 м по сравнению с контролем составило на фоне  $N_{90}P_{90}K_{90}$  0,9 мм,  $N_{150}P_{150}K_{150}$  и  $N_{210}P_{210}K_{210}$  – соответственно 5,3 и 5,0 мм. Максимальное снижение запасов влаги в слое 0,3 м (8,0 мм) установлено при внесении самой большой нормы удобрений. На делянках с данной нормой сформировался более выровненный режим влажности, обусловленный водопотреблением многолетних трав. Под травами практически постоянно сохраняется высокая емкость поглощения осадков, поэтому под ними не бывает длительного переувлажнения во влажные периоды года.

Определение влажности грунтов в опыте по изучению норм высева рекультивационной травосмеси подтвердило ее зависимость от густоты стояния растений (табл. 2) ( $r = 0,69$ ). Количественно эта зависимость выражается слабее, чем от уровня минерального питания.

Таблица 1

Запасы общей влаги в слое 0,2 м (Бованенково), мм

Вариант опыта	Дата определения						
	9.08.2007	3.08.2008	14.09.2008	11.08.2009	11.09.2009	13.08.2010	12.09.2010
Контроль	53,1	31,3	75,3	36,5	69,6	36,5	63,6
$N_{90}P_{90}K_{90}$	52,6	30,9	74,4	36,0	69,8	35,0	64,8
$N_{150}P_{150}K_{150}$	51,5	29,7	75,0	35,8	67,1	34,8	63,1
$N_{210}P_{210}K_{210}$	52,2	30,2	75,3	35,5	64,3	35,5	61,3

Таблица 2

**Запасы общей влаги в слое грунтов 0,2 м  
в зависимости от норм высева многолетних трав (Бованенково), мм**

Норма высева, кг/га	Дата определения						
	10.08.2007	3.08.2008	14.09.2008	11.08.2009	01.09.2009	13.08.2010	02.09.2010
40	52,9	31,9	72,5	36,6	49,4	35,5	67,6
120	52,3	32,8	70,8	36,3	48,8	37,0	68,8
280	48,5	30,6	72,5	35,5	44,9	36,8	67,1

Таблица 3

**Запасы общей влаги в слое 0,3 м песчаных грунтов  
при использовании торфяных биоматов (Салехард), мм**

Вариант опыта	Дата определения							
	30.07.2008	12.09.2008	1.07.2009	2.08.2009	2.09.2009	2.07.2010	5.08.2010	2.09.2010
Контроль	49,8	58,5	48,2	54,0	50,3	41,2	53,0	57,3
N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	50,1	58,7	48,8	55,6	51,9	42,8	58,6	54,9
БМТ + N <sub>160</sub> P <sub>160</sub> K <sub>160</sub>	49,7	60,9	49,8	55,4	54,1	49,8	62,4	60,1

При всех нормах высева трав установлено закономерное повышение влажности грунтов сверху вниз, которое достигает своего максимума на границе талого и мерзлого слоев. В этой зоне влажность практически всегда не опускается ниже наименьшей влагоемкости. В отдельные периоды, особенно когда выпадают осадки ливневого характера, влажность достигает полной влагоемкости.

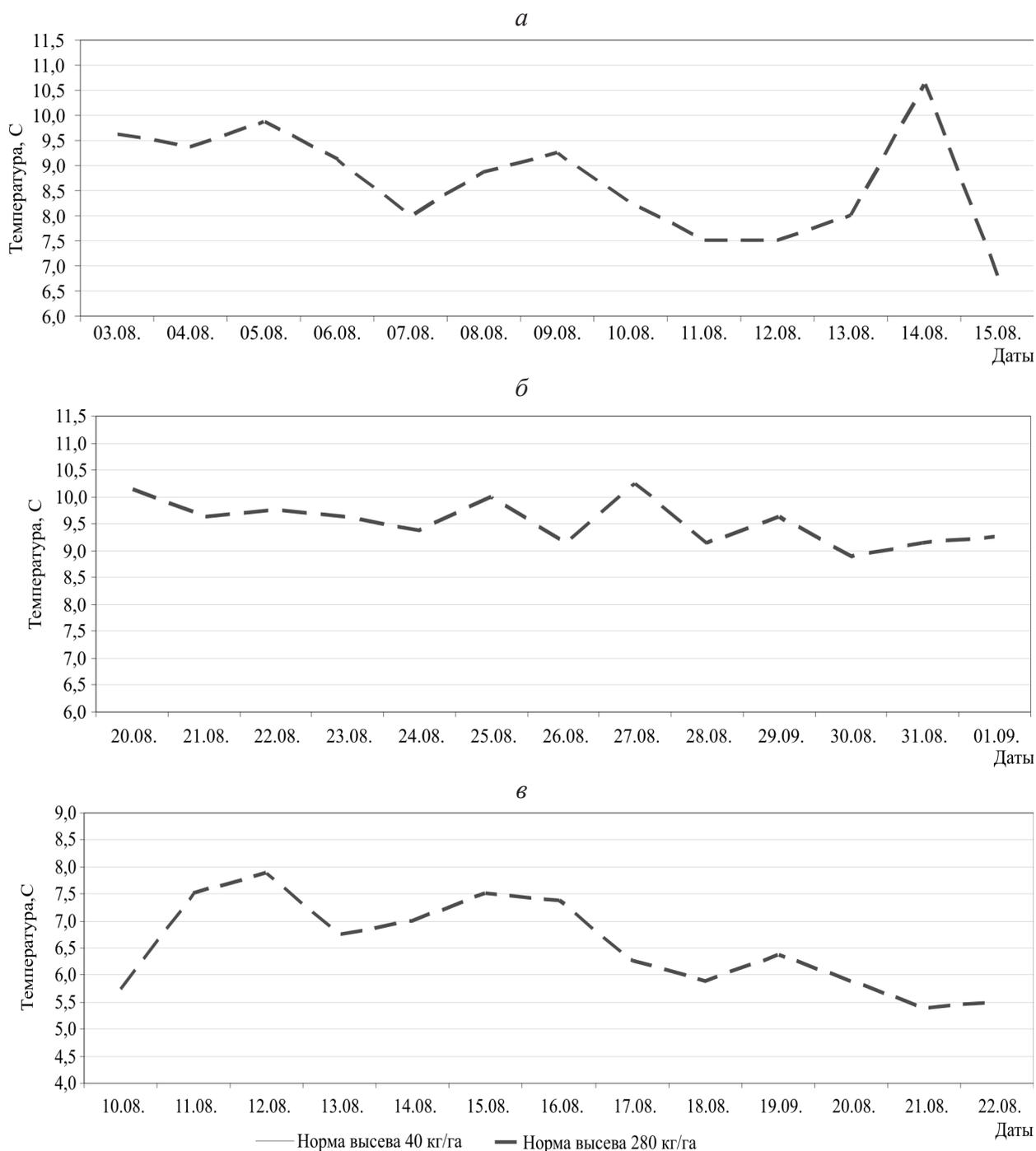
Медленное проведение работ по биологической рекультивации нарушенных земель, как отмечалось ранее, объясняется их неблагоприятными свойствами. К их числу относится чрезмерно низкая водоудерживающая способность. В связи с этим необходимо изучать различные агромелиоративные приемы по повышению влагоемкости грунтов.

В условиях Крайнего Севера имеются огромные ресурсы торфа, который можно использовать для создания плодородного слоя. Известно, что торф обладает высокой водоудерживающей способностью. Его применение для биологической рекультивации

связано с организационными трудностями (заготовка только зимой экскаваторным способом, доставка и внесение). Эти проблемы можно успешно решить, если готовить на промышленных предприятиях торфяные биоматы. Сразу после их укладки на почве достигается укрепительный эффект, обеспечивается равномерность внесения органических удобрений.

Проведенные нами исследования позволили установить влияние торфяных биоматов (БМТ) на влажность песчаных грунтов. Так, перед укладкой матов влажность слоя 0,3 м песчаного грунта составляла 49,8 мм (0,7 НВ). Через 1,5 мес после выпадения осадков на контрольном варианте влажность составила 81 % НВ. При использовании БМТ влажность возросла до 98 % от НВ, т.е. увеличилась на 17 % (табл. 3).

Важно подчеркнуть, что на делянках без укладки торфяных биоматов содержание влаги увеличивается сверху вниз. На варианте опыта с применением БМТ, напротив,



Температура слоя 0,2 м при различных нормах высева семян многолетних трав (Бованенково):  
*а* – 2008 г; *б* – 2009 г; *в* – 2010 г.

максимальное ее содержание в корнеобитаемом слое наблюдалось вверху (0–10 см). Торф, содержащийся в матах, задерживает в себе влагу, создавая более благоприятные условия увлажнения для появления всходов многолетних трав, их роста и развития [17]. Учеты густоты стояния многолетних трав в течение трех лет подтвердили этот вывод.

В основные фазы развития многолетних трав второго года жизни влажность грунтов на контрольных делянках составляла около 0,7 НВ, при использовании БМТ – около 0,8 НВ. Замечено, что в сухие периоды различия по влажности между вариантами сокращались, однако оставались около 10 %.

В течение вегетационного периода 2010 г. выпало максимальное количество осадков – 340 мм. В этот период под многолетними травами третьего года жизни влажность в слое 0,3 м на контрольных делянках изменялась от 0,57 до 0,80 НВ. На варианте с БМТ она увеличивалась до 0,69–0,84 НВ.

Наблюдения за температурой намытого грунта в карьере проводились нами под многолетними травами, посеянными с нормами 40 и 280 кг семян/га. Установлено, что в среднем за 3 года при норме высева 40 кг семян/га температура грунта на глубине 5 см составила 9,2 °С, 10 – 8,8 °С, 15 – 8,4 °С и 20 см – 7,9 °С [16].

Практически во все сроки наблюдения в течение вегетационного периода температура была ниже оптимальной для роста и развития трав. Максимальное значение температуры не превышало 11,5 °С. При норме высева семян 280 кг/га за этот же период температура грунта была ниже на 0,2–0,4 °С (см. рисунок).

Средние коэффициенты корреляции между температурой воздуха и грунта ( $r$ ) за трехлетний период при минимальной норме высева составили на глубине 5 см 0,71, 10 – 0,69, 15 – 0,54, 20 см 0,50. Аналогичная связь по профилю установлена и при максимальной норме высева. Количественно на глубине 5 и 10 см она несколько ниже – соответственно 0,67 и 0,63. На глубинах 15 и 20 см на обоих вариантах опыта в среднем за 3 года коэффициенты корреляции не различались между собой.

В годы исследований среднесуточная температура воздуха существенно различалась. В 2008 г. ее среднее значение за период наблюдений составило 10,8 °С, 2009 г. – 11,3 °С, 2010 г. – лишь 7,6 °С. В результате резких колебаний температуры воздуха значительно изменялась и температура почвы. На делянках с нормой высева семян 40 кг/га на глубине 5 см средняя температура грунта в 2008 г. составила 9,8 °С, 10 см – 9,1 °С, 15 – 8,6 °С, 20 см – 8,2 °С. В 2009 г. при среднесуточной температуре воздуха 11,3 °С на этом варианте температура возросла по глубинам соответственно

до 10,6; 10,3; 9,8 и 9,1 °С. Самым холодным оказался вегетационный период 2010 г., когда среднесуточная температура воздуха составила лишь 7,6 °С, что на 0,9 ниже многолетней нормы. В результате температура грунта снизилась на глубине 5 см до 7,2 °С, 10 – 7,1 °С, 15 – 6,8 °С и 20 см до 6,5 °С. В 2010 г. температура почвы во все сроки определения ни разу не превысила 10 °С. В таких жестких условиях период от посева многолетних трав до появления всходов составил 20–25 дней. В зиму они уходили, не закончив фазу кущения.

Известно, что температура почвы существенно зависит не только от температуры воздуха, но и от состояния ее поверхности. В нашем опыте речь идет о влиянии густоты стояния многолетних трав на температурный режим намытых грунтов. Результаты наблюдений за температурой указывают на то, что ее значение зависит от нормы высева. В среднем за 3 года исследований температура слоя грунта 0,2 м при норме высева семян 40 кг/га составила 8,6 °С, 280 кг/га – 8,2 °С. Максимальные различия в прогревании грунта установлены на глубине 10–20 см. На глубине 0–10 см в среднем за 3 года исследований превышение температуры составило 0,3 °С, 10–20 см – 0,4 °С. Максимальные различия (соответственно 0,4 и 0,5 °С) установлены в 2009 г. при самых высоких температурах воздуха. При низких температурах воздуха различия по прогреванию грунтов в целом по профилю 0,2 м сохранялись, но существенной дифференциации между верхней и нижней частью корнеобитаемого слоя не отмечено. В 2010 г. различия между верхней и нижней частью корнеобитаемого слоя (0,2 м) составили соответственно 0,4 и 0,5 °С. Снижение температуры грунта на варианте с нормой высева семян 280 кг/га по сравнению с ее минимальной нормой (40 кг/га) обусловлена большим количеством числа стеблей многолетних трав (табл. 4). Увеличение густоты стояния многолетних трав приводит к сокращению потока тепла на поверхность грунта.

Таблица 4

Густота стояния многолетних трав в зависимости от норм высева, шт./м<sup>2</sup>

Год	Норма высева, кг/га		Увеличение густоты стояния, %
	40	280	
2008	920	1580	71,7
2009	1121	1609	43,5
2010	1011	1598	58,1
Средне за 3 года	1017	1596	56,9

Растительный покров, затеняя поверхность почвы, в дневные часы уменьшает поток тепла, а ночью сохраняет накопленное дневное тепло. Загущенные посевы многолетних трав более активно высушивают почву путем усиленного поглощения влаги, уменьшают ее теплоемкость и расходуют тепло на создание растительных тканей. В результате расходуется почвенное тепло. Это приводит к тому, что почва, покрытая густой растительностью, имеет более низкую температуру, чем почва с изреженным почвенным покровом.

В результате трехлетних исследований нами установлено, что глубина оттаивания грунтов практически не зависела от нормы высева многолетних трав (табл. 5). Определяющую роль играла среднесуточная температура воздуха.

Этот вывод подтверждается коэффициентом корреляции ( $r$ ) между температурой воздуха в течение вегетационного периода

и величиной оттаивания грунта, который составил 0,81 на делянках с нормой высева семян 40 кг/га и 0,90 – 280 кг/га.

Нарушенные грунты в карьерах Крайнего Севера имеют неудовлетворительный водно-тепловой режим. Успешными агро-мелиоративными приемами для их биологической рекультивации является применение повышенных доз минеральных удобрений ( $N_{90-160}P_{90-160}K_{90-160}$ ) в чистом виде или в сочетании с торфяными биоматами, а также высоких норм высева многолетних трав (120 кг семян/га), учитывая низкую кустистость их в жестких почвенно-климатических условиях Крайнего Севера.

## ВЫВОДЫ

1. Влажность грунтов под влиянием осадков изменяется в течение вегетационного периода от переувлажнения в ранневесенний и осенний периоды до ее дефицита летом (снижение до 0,39 НВ в слое 0,3 м).

Таблица 5

## Глубина оттаивания грунта в зависимости от нормы высева семян многолетних трав и температуры воздуха (Бованенково)

Год	Норма высева семян, кг/га			
	40		280	
	Температура воздуха, °С	Глубина оттаивания, см	Температура воздуха, °С	Глубина оттаивания, см
2008	8,9	54	8,9	53
2009	8,5	49	8,5	48
2010	6,3	47	6,3	44

Мерзлота в условиях Крайнего Севера является регулятором влажности грунтов. Она обеспечивает растения влагой при дефиците выпадения осадков. При большом количестве осадков влажность грунта возрастает до верхнего предела оптимума (0,9 НВ) и выше, несмотря на его легкий гранулометрический состав.

2. Под многолетними травами в корнеобитаемом слое практически всегда сохраняется высокая емкость поглощения осадков (20–25 мм), поэтому под ними не бывает длительного переувлажнения. Применение торфяных биоматов повышает содержание влаги в слое 0,2 м на 10–17 %.

3. Грунты в карьерах Крайнего Севера имеют неудовлетворительный температурный режим для произрастания многолетних трав. Температура в слое грунта 0,2 м под многолетними травами в течение вегетационного периода не превышает 7,9–9,2 °С. Глубоко промерзшие грунты медленно оттаивают, что сдерживает их прогревание. Глубина оттаивания грунтов составляет 44–45 см и не зависит от норм высева многолетних трав.

4. Создание устойчивых фитоценозов многолетних трав на Крайнем Севере с целью снижения протаивания грунтов возможно при использовании повышенных доз минеральных удобрений ( $N_{90-160}P_{90-160}K_{90-160}$ ) в чистом виде или в сочетании с торфяными биоматами. В условиях Крайнего Севера оптимальная густота растительного покрова достигается при норме высева семян многолетних трав 120 кг/га.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Моторин А.С., Игловиков А.В.** Развитие искусственно созданного на биологическом этапе рекультивации фитоценоза в условиях Крайнего Севера // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2015. – № 6. – С. 50–56.
2. **Трофимов В.Т.** Полуостров Ямал. – М.: Изд-во. МГУ, 1975. – 277 с.
3. **Игловиков А.В.** Биологическая рекультивация карьеров в условиях Крайнего Севера: дис. ... канд. с.-х.н. наук. – Барнаул, 2012.
4. **Коровин А.И.** Температура почвы и растения на Севере.– Петрозаводск.: Госиздат, 1961. – 81 с.
5. **Павлова Р.С., Крапивко Е.Д.** Действие минеральных удобрений на сенокосах и пастбищах Карелии // Материалы научно-методического совещания географической сети опытов с удобрениями в 1972 г. – М., 1975. – С. 319–324.
6. **Люндегорд Г.** Влияние климата и почвы на жизнь растений / пер. с нем. проф. В.И. Эдельштейна. – М.: Сельхозгиз, 1937. – 387 с.
7. **Игловиков А.В., Денисов А.А.** Динамика развития искусственно созданного покрова в условиях Крайнего Севера после проведения биологического этапа рекультивации // Вестн. ГАУ Северного Зауралья. – 2014. – № 3 (26). – С. 57–61.
8. **Арчегова И.Б., Дегтева С.В., Евдокимова Т.В., Кузнецова Е.Г.** Концепция природовосстановления нарушенных экосистем Севера // Республика Коми: экономическая стратегия вхождения в XXI век: материалы науч. конф. – Сыктывкар, 1996. – С. 135–138.
9. **Лиханова И.А., Арчегова И.Б., Хабибуллина Ф.М.** Восстановление лесных экосистем на антропогенно нарушенных территориях подзоны крайнесеверной тайги Европейского северо-востока России. – Екатеринбург: УрО РАН, 2006. – 103 с.
10. **Шульгин А.М.** Климат почвы и его регулирование. – Л.: Гидромет, 1967. – 302 с.
11. **Моторин А.С.** Плодородие торфяных почв Западной Сибири. – Новосибирск, 1999. – 284 с.
12. **Моторин А.С.** Особенности температурного режима торфяных почв Северного Зауралья // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2015. – № 2. – С. 13–21.
13. **Iglovikov A.V.** The development of artificial Phytocenosis in Environmental Construction in the far North. // Procedia Engineering. – 2016. –Vol. 165. – P. 800–805.
14. **Eremin D., Eremina D.** Influence of granulometric composition structure of anthropogenic- reformed soil on ecology of infrastructure // Procedia Engineering. 2016. – N. 165. – P. 788–793.

15. **Тихановский А.Н.** Теория и практика применения удобрений на почвах Крайнего Севера. – М.: Научный консультант, 2015–273 с.
16. **Motorin A.S., Bukin A.V.** The water regime of the long-seasonally-frozen peat soils of the Northern Trans-Ural // MATEC Web of Conferences 106, 02030, 2017.
17. **Игловиков А.В.** Изменение температурного режима земель Крайнего Севера при техногенном нарушении почвенно-растительного покрова // Аграр. вестн. Урала. – 2011. – № 7. – С. 52–55.
8. **Archeгова I.B., Degteva S.V., Evdokimova T.V., Kuznetsova E.G.** Kontseptsiya prirodovosstanovleniya narushennykh ekosistem Severa // Respublika Komi: ekonomicheskaya strategiya vkhozheniya v XXI vek: materialy nauch. konf. – Syktyvkar, 1996. – S. 135–138.
9. **Likhanova I.A., Archeгова I.B., Khabibullina F.M.** Vosstanovlenie lesnykh ekosistem na antropogenno narushennykh territoriyakh podzony krainesevernoi taigi Evropeiskogo severo-vostoka Rossii. – Ekaterinburg: UrO RAN, 2006. – 103 s.

#### REFERENCES

1. **Motorin A.S., Igl'ovikov A.V.** Razvitie iskusstvenno sozdannogo na biologicheskom etape rekul'tivatsii fitotsenoza v usloviyakh Krainego Severa // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2015. – N 6. – S. 50–56.
2. **Trofimov V.T.** Poluostrov Yamal. – M.: Izdvo. MGU, 1975. – 277 s.
3. **Igl'ovikov A.V.** Biologicheskaya rekul'tivatsiya kar'erov v usloviyakh Krainego Severa: dis. kand. s.-kh. n. nauk. – Barnaul, 2012.
4. **Korovin A.I.** Temperatura pochvy i rasteniya na Severe. – Petrozavodsk.: Gosizdat, 1961. – 81 s.
5. **Pavlova R.S., Krapivko E.D.** Deistvie mineral'nykh udobrenii na senokosakh i pastbishchakh Karelii // Materialy nauchno-metodicheskogo soveshchaniya geograficheskoi seti opytov s udobreniyami v 1972 g. – M., 1975. – S. 319–324.
6. **Lyundegord G.** Vliyanie klimata i pochvy na zhizn' rastenii / per. s nem. prof. V.I. Edel'shteina. – M.: Sel'khozgiz, 1937. – 387 s.
7. **Igl'ovikov A.V., Denisov A.A.** Dinamika razvitiya iskusstvenno sozdannogo pokrova v usloviyakh Krainego Severa posle provedeniya biologicheskogo etapa rekul'tivatsii // Vestn. GAU Severnogo Zaural'ya. – 2014. – N 3 (26). – S. 57–61.
10. **Shul'gin A.M.** Klimat pochvy i ego regulirovanie. – L.: Gidromet, 1967. – 302 s. 11. **Motorin A.S.** Plodorodie torfyanykh pochv Zapadnoi Sibiri. – Novosibirsk, 1999. – 284 s.
12. **Motorin A.S.** Osobennosti temperatur'nogo rezhima torfyanykh pochv Severnogo Zaural'ya // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2015. – N 2. – S. 13–21.
13. **Igl'ovikov A.V.** The development of artificial Phytocenosis in Environmental Construction in the far North. // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 165. – P. 800–805.
14. **Eremin D., Eremina D.** Influence of granulometric composition structure of anthropogenic-reformed soil on ecology of infrastructure // Procedia Engineering. 2016. – N. 165. – P. 788–793.
15. **Tikhanovskii A.N.** Teoriya i praktika primeneniya udobrenii na pochvakh Krainego Severa. – M.: Nauchnyi konsul'tant, 2015 – 273 s.
16. **Motorin A.S., Bukin A.V.** The water regime of the long-seasonally-frozen peat soils of the Northern Trans-Ural // MATEC Web of Conferences 106, 02030, 2017.
17. **Igl'ovikov A.V.** Izmenenie temperaturnogo rezhima zemel' Krainego Severa pri tekhnogennom narushenii pochvenno-rastitel'nogo pokrova // Аграр. вестн. Урала. – 2011. – N 7. – S. 52–55.

## METHODS FOR OPTIMIZING WATER AND THERMAL REGIMES OF DISTURBED SOILS UNDER CONDITIONS OF THE FAR NORTH

**A.V. IGLOVIKOV, Candidate of Science in Agriculture,  
Director of Agrotechnological Institute**

*Northern Trans-Ural State Agricultural University*

*7, Respubliki St, Tyumen, 625003, Russia*

e-mail: an.iglovikov@mail.ru

Results are given from long-term (2007–2010) studies on water and thermal regimes of disturbed soils and methods for their optimization under conditions of the Far North. It has been found that the moisture content of disturbed soils considerably depends on total precipitation during the vegetation period. Permafrost in the Far North affects the moisture regime, and largely regulates it. At low precipitation (84 mm) during the vegetation period, permafrost is a barrier for moisture to travel to the layers below, and atmospheric water is kept for a long time in the root layer providing plants with minimum moisture. At heavy precipitation (123 mm), the moisture of the root layer increases to the upper limit of the optimal reserves (0.87–0.99 MWC) despite the light granulometric composition of soils. The use of peat-mats contributes to more favorable moisture conditions for perennial grasses to emerge and grow by increasing moisture content in the 0.2 m soil layer by 10–17%. Plant cover, due to its low thermal conductivity, retards and reduces heat exchange between the soil and the atmosphere. As a result, the depths of soil thawing under plant cover decrease (44 cm) as compared to bare sites (54 cm). The establishment of sustainable phytocenoses of perennial grasses in the Far North with the purpose of reducing soil thawing is effective when using higher doses of mineral fertilizers ( $N_{90-160} P_{90-160} K_{90-160}$ ) just as they are or in combination with peat-mats. Under conditions of the Far North, the optimal densities of plant cover are achieved at seeding rate of 120 kg/ha.

**Keywords:** bioreclamation, perennial grasses, disturbed soils, minimum water capacity, plant cover.

*Поступила в редакцию 02.10.2017*

---



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-4

УДК 582.734.3:581.142

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО И ВОДНОГО СТРЕССА  
НА ПОКОЙ И ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН РЯБИНЫ СИБИРСКОЙ****С.В. АСБАГАНОВ**, кандидат биологических наук, научный сотрудник,  
**Е.В. КОБОЗЕВА**, кандидат биологических наук, научный сотрудник,  
**А.В. АГАФОНОВ**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник*Центральный сибирский ботанический сад СО РАН*  
630090, Россия, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101  
e-mail: cryonus@mail.ru

Изучены особенности покоя и прорастания семян рябины сибирской (*Sorbus sibirica*) при кратковременном прерывании холодной стратификации (1–3 °С) температурным и водным стрессом (быстрое высушивание при температуре 25 °С). Для проращивания семян использовали лабораторную методику стратификации свежесобранных интактных (невысушенных) семян при температуре 1–3 °С. Однородность выборки семян контролировали методами SDS-PAGE и ISSR-PCR. Семена стратифицировали при температуре 1–3 °С в течение 45, 59, 73 и 87 дней. Затем стратификацию прерывали быстрым высушиванием при температуре 25 °С в течение 1, 3, 7 и 14 сут. После высушивания эксперимент продолжали в двух вариантах: семена перед началом повторной стратификации замачивали при температуре 1–3 °С в воде или растворе фитогормонов (48 ч в растворе гибберелловой кислоты, затем 48 ч в растворе кинетина). Далее семена во всех вариантах повторно стратифицировали в течение 60 дней при температуре 1–3 °С, затем проращивали при температуре 25 °С в течение 72 ч. Подсчитывали процент прорастания и длину корешков. У семян рябины сибирской прерывание холодной стратификации быстрым высушиванием независимо от способа последующей обработки (фитогормонами или водой) оказывало сильное стимулирующее влияние на прорастание. В большинстве вариантов опыта проросло более 90 % семян. В ранее проведенных экспериментах с непрерывной холодной стратификацией интактных семян рябины сибирской в течение 105 дней проросло лишь 17–19 % семян. Изменение длительности стратификации перед высушиванием не влияло на процент прорастания, он оставался максимально высоким во всех вариантах. Чем продолжительнее была суммарная длительность стратификации, тем больше была длина корешков. У семян, обработанных фитогормонами, наблюдались значительные нарушения в развитии проростков. Корешки практически не развивались: их длина после 72 ч проращивания была в 10–20 раз меньше, чем у семян, обработанных водой. Семядоли, наоборот, значительно увеличивались и имели бледно-зеленую окраску. Использование двухэтапной холодной стратификации с промежуточным температурным и водным стрессом позволяет добиться более чем 90%-го прорастания семян без использования фитогормонов.

**Ключевые слова:** рябина сибирская, фитогормоны, температурный стресс, водный стресс, покой и прорастание семян.

Интактным семенам рябины сибирской (*Sorbus sibirica* Hedl.) свойствен глубокий физиологический покой, который можно преодолеть только в результате длительной холодной стратификации при низких поло-

жительных температурах [1–9]. Семена с одного растения имеют разную глубину покоя, их прорастание может продолжаться от нескольких месяцев до двух лет и более. Результаты, полученные в различных исследо-

\*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-04-01096-а. Использован материал УНУ «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте» ЦСБС СО РАН.

ваниях, позволяют сделать заключение, что стандартный метод проращивания семян рябины недостаточно эффективен и нуждается в доработке [3]. Известно, что глубина и другие характеристики физиологического покоя семян рябины зависят от индивидуальных особенностей растений, погодных условий [1, 6], активности фитогормонов [4, 9], изменяются в зависимости от высоты произрастания [7] и особенностей опыления материнского растения [8], подвержены воздействию множества других факторов [3, 4]. В наших предыдущих исследованиях показано значительное влияние условий хранения на покой и динамику прорастания семян рябины сибирской, установлены оптимальные сроки и способы хранения для различных методов проращивания, разработан оптимальный алгоритм использования растительных гормонов в зависимости от продолжительности и условий хранения семян [9].

Цель работы – изучить влияние температурного и водного стресса (быстрого высушивания) на покой и прорастание семян рябины сибирской.

#### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

В эксперименте использовали стандартную методику стратификации семян при температуре 1–3 °С [1]. Семена выделяли из полностью созревших и неповрежденных плодов в конце сентября – начале октября, когда материнские растения заканчивали вегетацию и сбрасывали листья. Семена выделяли непосредственно перед началом эксперимента или хранили в воде до его начала, но не более 2–3 сут. В каждом варианте использовали по 150 семян, которые размещали в двух чашках. Характеристики покоя и прорастания семян рябины зависят от индивидуальных особенностей материнского растения и опылителей, поэтому мы использовали семена модельного биотипа рябины сибирской – ИТПМ-1. Растение ИТПМ-1 расположено вдали от интродукционной коллекции представителей рода Рябина и находится в окружении других растений исключительно своего вида. Се-

мена ИТПМ-1 характеризуются очень глубоким физиологическим покоем и разнокачественностью по факторам, необходимым для его преодоления [4, 9]. Однородность выборки семян контролировали методами SDS-PAGE и ISSR-PCR [10, 11]. Исследование проводили в лабораторных условиях в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН.

При закладке опыта исходили из необходимости прохождения интактными семенами минимальной продолжительности холодной стратификации (105 дней). Такая продолжительность холодной стратификации в совокупности с обработкой фитогормонами дает высокий процент прорастания (87). Однако фитогормоны помимо ускорения и удорожания методики проращивания семян оказывают негативное влияние на развитие проростков [4, 9]. На первом этапе свежесобранные семена стратифицировали при температуре 1–3 °С в течение 45, 59, 73 и 87 дней, затем стратификацию прерывали быстрым высушиванием при температуре 25 °С в течение 1, 3, 7 и 14 сут. После высушивания обработку семян водой и растворами фитогормонов проводили при температуре 1–3 °С. Далее семена во всех вариантах повторно стратифицировали в течение 60 дней при температуре 1–3 °С. Для защиты семян и субстрата (ватные диски) от плесневых грибков использовали системный фунгицид дифеноканазол в конечной концентрации в субстрате 0,005 %.

Быстрое высушивание семян достигали следующим образом: семена после первого этапа холодной стратификации в чашках Петри доставали из термостата, быстро отделяли от субстрата и переносили на хорошо просушенный лист фильтровальной бумаги, сверху накрывали еще одним листом и помещали в поток теплого воздуха. В таком состоянии семена сушились 2–3 ч. Затем их переносили на новые сухие листы бумаги и помещали на хранение в термостат с температурой 25 °С. При закладке семян на повторную холодную стратификацию чашки Петри с мокрым субстратом (ватные диски) предварительно охлаждали до температуры

1–3 °С, затем быстро размещали в них семена и, не допуская нагревания, сразу помещали в холодный термостат.

В вариантах, где требовалась обработка растительными гормонами, семена замачивали в растворах при температуре 1–3 °С (48 ч в растворе гибберелловой кислоты (ГК<sub>3</sub>) – 100 мг/л, затем 48 ч в растворе кинетина (К) – 500 мг/л). После обработки каждым фитогормоном семена в воде не промывали, а сразу переносили в раствор другого фитогормона, затем на мокрые охлажденные до 1–3 °С ватные диски в чашках Петри. Далее семена помещали в термостат для продолжения прерванной холодной стратификации (1–3 °С) и через 60 дней проращивали на свету при температуре 25 °С. Число проросших семян и длину корешков подсчитывали перед началом проращивания и спустя 72 ч.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

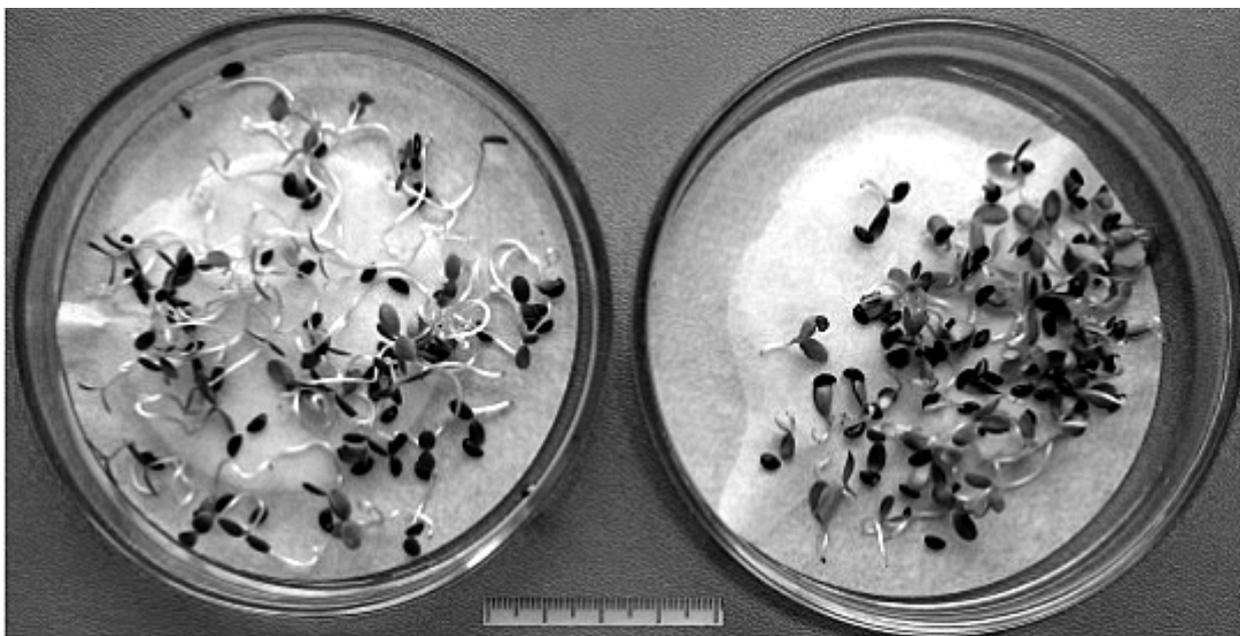
В большинстве случаев, когда семена находились в условиях холодной стратификации недостаточно долго, чтобы успели активизироваться процессы прорастания, после переноса семян в условия с более высокой температурой они впадают во вторичное состояние покоя, иногда более глубокое, чем исходное [12, 13]. Однако имеются сведения о возможности прерывания холодной стратификации у семян черешни без индукции вторичного покоя [14]. Для этого стратифицируемые семена необходимо высушить очень быстро, что приводит к остановке и сохранению стратификационных изменений. При повторном намачивании и стратификации процесс продолжается так, как будто его не прерывали. Это позволяет избежать перерастания корешков при слишком раннем начале прорастания стратифицируемых семян, когда условия для их высева в открытый грунт еще недостаточно благоприятные. С этой целью мы изучали возможность приостановки стратификации без индукции вторичного покоя на семенах рябины сибирской, а также влияние фитогормонов на частично стратифицированные и затем высушенные семена.

Реакция семян рябины значительно отличалась от описанной в литературе реакции семян черешни [14]. У семян рябины сибирской прерывание холодной стратификации быстрым высушиванием независимо от способа последующей обработки (фитогормонами или водой) оказало сильное стимулирующее влияние на прорастание. В большинстве вариантов проросло более 90 % семян (см. таблицу). В опытах с непрерывной холодной стратификацией интактных семян в течение 105 дней проросло лишь 17–19 % их [8, 9]. Максимальное количество проросших семян (64,7 %) наблюдалось при непрерывной холодной стратификации интактных семян в течение 315 дней [8]. Обработка фитогормонами перед началом холодной стратификации приводила к прорастанию 87 % семян после 105 дней непрерывной холодной стратификации [9]. Увеличение продолжительности первого этапа холодной стратификации не влияло на количество проросших семян, но приводило к увеличению длины корешков (см. таблицу).

Обработка семян фитогормонами перед вторым этапом стратификации не оказывала значительного влияния на процент прорастания, но отрицательно влияла на такие характеристики семян, как длина корешков, размеры и окраска семядолей. Длина корешков была значительно меньше, чем у семян, обработанных водой, семядоли были увеличены и имели бледно-зеленую окраску (см. рисунок).

Изменение длительности первого этапа холодной стратификации, т.е. длительности перед высушиванием, не влияло на процент прорастания. Он оставался максимально высоким во всех вариантах. Чем продолжительнее была суммарная длительность стратификации в этом эксперименте, тем больше оказалась длина корешков (см. таблицу). Данная зависимость обусловлена тем, что в указанных условиях проросшие семена, хотя и медленно, но продолжают расти и развиваться.

Подробнее стоит остановиться на особенностях дальнейшего развития проростков при температуре 25 °С на свету. У семян,



Семена, проросшие в результате двухэтапной холодной стратификации. Обработка перед вторым этапом: слева – дистиллированной водой, справа – фитогормонами. После развития в течение 72 ч на свету при температуре 25°C

проросших при двухэтапной стратификации без обработки фитогормонами, проростки начинали интенсивно развиваться: длина корешков значительно увеличивалась, семядоли окрашивались в темно-зеленый цвет, начинал развиваться первый настоящий лист. У семян, обработанных фитогормонами, нарушения, возникшие во время прорастания, продолжали усиливаться: корешки почти не развивались, их длина после 72 ч проращивания отмечена в 10–20 раз меньше; семядоли, наоборот, значительно увеличивались и имели бледно-зеленую окраску; у некоторых проростков начинал развиваться первый настоящий лист, но он практически всегда имел ослабленный вид и бледно-зеленую окраску. В данном эксперименте наблюдаемые нарушения, вызванные экзогенными фитогормонами, аналогичны тем, что мы наблюдали в других опытах [4]. Однако если при непрерывной холодной стратификации обработка фитогормонами значительно сокращала ее продолжительность, то в описываемом эксперименте фитогормоны оказывали лишь отрицательное влияние. Это не позволяет согласиться с точкой зрения, указывающей на решающее значение

их баланса в нарушении покоя семян и их прорастания.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На этом этапе исследований не представляется возможным объяснить наблюдаемые нами явления без детальных биохимических исследований. Возможно, быстрое обезвоживание семян блокирует процессы взаимопревращения фитогормонов и при последующем намачивании они уже протекают иначе или в результате теплового и водного стресса изменяется активность ферментных систем.

Использование двухэтапной холодной стратификации позволяет добиться высокого процента прорастания семян без использования фитогормонов, что упрощает методику проращивания семян и снижает экономические затраты, которые могут быть весьма существенными из-за высокой стоимости фитогормонов. Описанный метод позволяет также получать проростки рябины без физиологических нарушений, вызванных влиянием экзогенных фитогормонов, что очень важно при интродукционных исследованиях.

**Влияние двухэтапной холодной стратификации с промежуточным высушиванием и фитогормонов на длину корешков и прорастание семян рябины сибирской**

Продолжительность первого этапа стратификации*, дни	Семена, обработанные водой				Семена, обработанные фитогормонами			
	Продолжительность высушивания перед вторым этапом стратификации, дни							
	1	3	7	14	1	3	7	14
	<i>В конце первого этапа стратификации</i>							
45	$\frac{14,3 \pm 0,6}{86,0}$	$\frac{12,2 \pm 0,6}{84,0}$	$\frac{15,1 \pm 0,5}{85,3}$	$\frac{13,5 \pm 0,5}{88,5}$	$\frac{2,3 \pm 0,1}{93,9}$	$\frac{2,2 \pm 0,1}{90,0}$	$\frac{2,7 \pm 0,2}{95,9}$	$\frac{3,2 \pm 0,2}{93,1}$
59	$\frac{19,3 \pm 0,5}{86,5}$	$\frac{20,1 \pm 0,5}{94,7}$	$\frac{17,1 \pm 0,4}{93,3}$	$\frac{16,4 \pm 0,5}{84,0}$	$\frac{1,5 \pm 0,1}{93,3}$	$\frac{2,3 \pm 0,1}{91,3}$	$\frac{2,4 \pm 0,1}{90,7}$	$\frac{2,3 \pm 0,2}{89,3}$
73	$\frac{28,2 \pm 0,6}{95,3}$	$\frac{24,7 \pm 0,4}{82,7}$	$\frac{23,9 \pm 0,7}{87,3}$	$\frac{25,8 \pm 0,8}{91,3}$	$\frac{2,1 \pm 0,1}{90,7}$	$\frac{2,6 \pm 0,1}{91,2}$	$\frac{1,7 \pm 0,1}{82,0}$	$\frac{1,2 \pm 0,0}{90,7}$
87	$\frac{24,7 \pm 0,7}{93,3}$	$\frac{30,6 \pm 0,9}{94,0}$	$\frac{29,8 \pm 0,9}{98,7}$	$\frac{29,8 \pm 0,8}{94,7}$	$\frac{2,4 \pm 0,2}{87,3}$	$\frac{1,9 \pm 0,1}{90,1}$	$\frac{2,1 \pm 0,1}{90,0}$	$\frac{1,7 \pm 0,1}{92,7}$
	<i>Через 3 дня проращивания при температуре 25 °С</i>							
45	$\frac{22,9 \pm 0,4}{93,3}$	$\frac{19,9 \pm 0,7}{92,0}$	$\frac{23,1 \pm 0,8}{92,7}$	$\frac{22,1 \pm 0,7}{89,2}$	$\frac{3,2 \pm 0,2}{97,3}$	$\frac{3,9 \pm 0,2}{92,7}$	$\frac{6,6 \pm 0,4}{95,9}$	$\frac{7,3 \pm 0,4}{97,2}$
59	$\frac{30,1 \pm 0,5}{89,2}$	$\frac{32,1 \pm 1,0}{96,7}$	$\frac{30,4 \pm 0,8}{94,0}$	$\frac{27,2 \pm 0,7}{89,3}$	$\frac{4,9 \pm 0,3}{96,7}$	$\frac{4,9 \pm 0,3}{94,7}$	$\frac{4,8 \pm 0,3}{92,0}$	$\frac{3,9 \pm 0,3}{90,0}$
73	$\frac{41,8 \pm 0,3}{98,7}$	$\frac{40,2 \pm 0,3}{84,0}$	$\frac{32,7 \pm 0,9}{91,3}$	$\frac{35,0 \pm 1,0}{92,7}$	$\frac{3,7 \pm 0,2}{94,7}$	$\frac{4,2 \pm 0,2}{92,5}$	$\frac{2,8 \pm 0,2}{93,3}$	$\frac{1,7 \pm 0,1}{95,3}$
87	$\frac{37,8 \pm 0,8}{94,7}$	$\frac{53,1 \pm 0,9}{96,0}$	$\frac{52,9 \pm 1,0}{99,3}$	$\frac{54,2 \pm 0,9}{95,3}$	$\frac{3,4 \pm 0,3}{91,3}$	$\frac{2,8 \pm 0,2}{95,0}$	$\frac{2,8 \pm 0,2}{92,0}$	$\frac{2,5 \pm 0,2}{97,3}$

Примечание. В числителе – длина корешков, мм; в знаменателе – прорастание корешков, %

\*Общая продолжительность холодной стратификации состояла из первого этапа (45–87 дней) и второго этапа, после высушивания (во всех вариантах – 60 дней).

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. – Л.: Наука, 1985. – 348 с.
2. Разумова М.В. Биология прорастания семян видов рода *Sorbus* // Бот. журн. – 1987. – Т. 72 (1). – С. 77–83.
3. Stein W.I., Bonner F.T., Karrfalt R.P. *Sorbus* L. mountain-ash // Woody Plant Seed manual. – USDA Forest Service Agriculture Handbook, 2008. – P. 1059–1064.
4. Асбаганов С.В., Горбунов А.Б., Симагин В.С., Фотеев Ю.В. и др. Рябина // Интродукция нетрадиционных плодовых, ягодных и овощных растений в Западной Сибири / под ред. И.Ю. Коропачинского, А.Б. Горбунова. – Новосибирск: Гео, 2013. – С. 61–85.
5. Кольцова М.А., Кожевников В.И., Кольцов В.Ф. Интродукция рябин (*Sorbus* L.) на Ставрополье / под ред. В.И. Кожевникова. – Ставрополь: АГРУС, 2014. – 300 с.
6. Zentsch W., Bialobok S., Suszka B. Stratification of *Sorbus aucuparia* L. seeds // International Symposium on Seed Physiology of Woody Plants; 1968 September 3–8; Kornik, Poland. – Kornik (Poland): Institute of Dendrology and Kornik Arboretum, 1970. – P. 127–132.
7. Barclay A.M., Crawford R.M.M. Seedling emergence in the rowan (*Sorbus aucuparia*) from an altitudinal gradient // J. of Ecology. – 1984. – N 72. – P. 627–636.
8. Асбаганов С.В., Кобозева Е.В., Агафонов А.В. Покой и прорастание внутривидовых и межвидовых гибридных семян рябины сибирской, обыкновенной и бузинолистной // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2015. – № 5. – С. 63–67.

9. **Асбаганов С.В., Кобозева Е.В., Агафонов А.В.** Покой и прорастание семян рябины сибирской в зависимости от условий хранения и обработки фитогормонами // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2016. – № 5. – С. 28–34.
10. **Асбаганов С.В., Кобозева Е.В., Агафонов А.В.** Применение электрофореза запасных белков семядолей и ISSR-маркеров для идентификации гибридов между *Sorbus sibirica* Hedl. и *Sorbocotoneaster pozdnjakovii* Pojark // Вавилов. журн. генет. и селекции. – 2014. – Т. 18. – № 3. – С. 486–496.
11. **Asbaganov S.V., Kobozeva E.V., Agafonov A.V.** Application of the electrophoresis of cotyledon storage protein and ISSR-markers to the identification of hybrids between *Sorbus sibirica* Hedl. and *Sorbocotoneaster pozdnjakovii* Pojark // Russian Journal of Genetics: Applied Research. – 2015. – Vol. 5. – N 1. – P. 33–40.
12. **Николаева М.Г., Лянгузова И.В., Поздова Л.М.** Биология семян. – СПб.: СПбГУ, 1999. – 235 с.
13. **Bewley J.D.** Seed Germination and Dormancy // Plant Cell. – 1997. – Vol. 9. – N 7. – P. 1055–1066.
14. **Grzeskowiak H., Suszka B.** Storage of partially after-ripened and dried mazzard (*Prunus avium* L.) seeds // Arboretum kornickie. – Warszawa, 1983. – Vol. 28. – P. 261–281.
5. **Kol'tsova M.A., Kozhevnikov V.I., Kol'tsov V.F.** Introduktsiya ryabin (*Sorbus* L.) na Stavropol'e / pod red. V.I. Kozhevnikova. – Stavropol': AGRUS, 2014. – 300 s.
6. **Zentsch W., Bialobok S., Suszka B.** Stratification of *Sorbus aucuparia* L. seeds // International Symposium on Seed Physiology of Woody Plants; 1968 September 3–8; Kornik, Poland. – Kornik (Poland): Institute of Dendrology and Kornik Arboretum, 1970. – P. 127–132.
7. **Barclay A.M., Crawford R.M.M.** Seedling emergence in the rowan (*Sorbus aucuparia*) from an altitudinal gradient // J. of Ecology. – 1984. – N 72. – P. 627–636.
8. **Asbaganov S.V., Kobozeva E.V., Agafonov A.V.** Pokoi i prorastanie vnutrividovykh i mezhhvidovykh gibridnykh semyan ryabiny sibirskoi, obyknovЕННОI i buzinolistnoi // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2015. – N 5. – S. 63–67.
9. **Asbaganov S.V., Kobozeva E.V., Agafonov A.V.** Pokoi i prorastanie semyan ryabiny sibirskoi v zavisimosti ot uslovii khraneniya i obrabotki fitogormonami // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2016. – N 5. – S. 28–34.
10. **Asbaganov S.V., Kobozeva E.V., Agafonov A.V.** Primenenie elektroforeza zapasnykh belkov semyadolei i ISSR-markerov dlya identifikatsii gibridov mezhdru *Sorbus sibirica* Hedl. i *Sorbocotoneaster pozdnjakovii* Pojark // Vavilov. zhurn. genet. i selektsii. – 2014. – T. 18. – N 3. – S. 486–496.

## REFERENCES

1. **Nikolaeva M.G., Razumova M.V., Gladkova V.N.** Spravochnik po prorashchivaniyu pokoyashchikhsya semyan. – L.: Nauka, 1985. – 348 s.
2. **Razumova M.V.** Biologiya prorstaniya semyan vidov roda *Sorbus* // Bot. zhurn. – 1987. – T. 72 (1). – S. 77–83.
3. **Stein W.I., Bonner F.T., Karrfalt R.P.** *Sorbus* L. mountain-ash // Woody Plant Seed manual. – USDA Forest Service Agriculture Handbook, 2008. – P. 1059–1064.
4. **Asbaganov S.V., Gorbunov A.B., Simagin V.S., Foteev Yu.V. i dr.** Ryabina // Introduktsiya netraditsionnykh plodovykh, yagodnykh i ovoshchnykh rastenii v Zapadnoi Sibiri / pod red. I.Yu. Koropachinskogo, A.B. Gorbunova. – Novosibirsk: Geo, 2013. – S. 61–85.
11. **Asbaganov S.V., Kobozeva E.V., Agafonov A.V.** Application of the electrophoresis of cotyledon storage protein and ISSR-markers to the identification of hybrids between *Sorbus sibirica* Hedl. and *Sorbocotoneaster pozdnjakovii* Pojark // Russian Journal of Genetics: Applied Research. – 2015. – Vol. 5. – N 1. – P. 33–40.
12. **Nikolaeva M.G., Lyanguzova I.V., Pozdova L.M.** Biologiya semyan. – СПб.: SPbGU, 1999. – 235 s.
13. **Bewley J.D.** Seed Germination and Dormancy // Plant Cell. – 1997. – Vol. 9. – N 7. – P. 1055–1066.
14. **Grzeskowiak H., Suszka B.** Storage of partially after-ripened and dried mazzard (*Prunus avium* L.) seeds // Arboretum kornickie. – Warszawa, 1983. – Vol. 28. – P. 261–281.

## EFFECTS OF HIGH TEMPERATURE AND WATER STRESS ON DORMANCY AND GERMINATION OF *SORBUS SIBIRICA* SEEDS

**S.V. ASBAGANOV, Candidate of Science in Biology, Researcher,**  
**E.V. KOBOZEVA, Candidate of Science in Biology, Researcher,**  
**A.V. AGAFONOV, Doctor of Science in Biology, Lead Researcher**  
*Central Siberian Botanical Garden, SB RAS*  
*101, Zolotodolinskaya St, Novosibirsk, 630090, Russia*  
e-mail: cryonus@mail.ru

A research was carried out into the peculiarities of dormancy and germination of *Sorbus sibirica* seeds with short-term interruption of cold stratification (1–3°C) by temperature and water stress (rapid drying at 25°C). To induce germination, a laboratory method for stratifying freshly isolated intact (unsaturated) seeds at 1–3°C was used. The homogeneity of the seed sample was monitored by SDS-PAGE and ISSR-PCR. The seeds were stratified at 1–3°C for 45, 59, 73 and 87 days, and the stratification was interrupted by rapid drying at 25°C for 1, 3, 7 and 14 days. After drying the experiment was continued in two versions: the seeds were soaked in cold (1–3°C) water or phytohormones (48 hours in gibberellic acid (GK<sub>3</sub>) solution of 100 mg/l, then 48 hours in kinetin (K) solution of 500 mg/l). Then the seeds in all variants were re-stratified at 1–3°C for 60 days, and germinated at 25°C for 72 hours, the percentage of germination and the lengths of the roots being estimated. It was established that interruption of cold stratification by rapid drying, irrespective of the method of subsequent processing (phytohormones or water), had a strong stimulating effect on germination in *Sorbus sibirica* seeds. In most variants more than 90% of the seeds germinated. Earlier experiments with continuous cold stratification of intact *Sorbus sibirica* seeds showed that 17–19% of seeds germinated within 105 days. Changed duration of stratification before drying did not affect the percentage of germination: it remained highest in all variants. The longer stratification lasted, the greater the length of the roots was. Significant deviations in forming seedlings were observed in seeds treated with phytohormones: the roots did not practically develop; their length after 72 hours of germination was 10–20 times lesser than that in seeds treated with water. Cotyledons, on the contrary, increased significantly, and were pale green. Two-stage cold stratification with intermediate temperature and water stress makes it possible to achieve more than 90% germination of seeds without phytohormones.

**Keywords:** *Sorbus*, mountain ash, phytohormones, temperature stress, water stress, seed dormancy and germination.

Поступила в редакцию 03.10.2017



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-5

УДК 633.15:631.5

**ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ УХОДА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ  
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА КОРМОВЫЕ ЦЕЛИ**

**Н.И. КАШЕВАРОВ<sup>1</sup>**, академик РАН, ВРИО директора,  
**А.А. ПОЛИЩУК<sup>2</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией,  
**В.И. ПОНАМАРЕВА<sup>2</sup>**, научный сотрудник,  
**А.Н. ЛЕБЕДЕВ<sup>2</sup>**, младший научный сотрудник

<sup>1</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН  
<sup>2</sup>Сибирский научно-исследовательский институт кормов СФНЦА РАН  
630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск  
e-mail: sibkorma@ngs.ru

Представлены результаты исследований по влиянию приемов ухода на продуктивность ранне-спелого гибрида кукурузы Обский 140 СВ при возделывании на силос и зернофураж в условиях лесостепи Западной Сибири. Оптимизированы приемы ухода за посевами раннеспелого гибрида кукурузы Обский 140 СВ (ФАО 140–150) при возделывании на силос и зернофураж с применением минеральных удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{40}$  и без удобрений. Оптимальным комплексом уходов за раннеспелым гибридом кукурузы Обский 140 СВ в условиях лесостепи Западной Сибири являются два боронования и две междурядные обработки с применением удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{40}$ . Данные приемы обеспечивают повышение урожайности зеленой и сухой массы по сравнению с контролем (без уходов, без удобрений) в 3,6–3,8 раза при максимальном выходе с 1 га обменной энергии (110,3 ГДж) и кормовых единиц (94,1 ц). Возделывание кукурузы без применения удобрений на фоне проведения всего комплекса приемов по уходу обеспечивает прибавку по сравнению с контролем на 201 % зеленой массы и силоса и на 188 % сухой массы. Проведение комплекса уходов способствует снижению засоренности посевов на 70 %. Удобрения, внесенные на кукурузе без приемов ухода, в значительной степени используются сорняками. При возделывании гибрида кукурузы Обский 140 СВ на фуражное зерно проведение полного комплекса агротехнических приемов ухода с использованием удобрений и без них – обязательное условие, обеспечивающее сбор зерна до 45,3 ц/га.

**Ключевые слова:** кукуруза, боронование, междурядная обработка, зеленая биомасса, сухая биомасса.

Первоочередной задачей в развитии животноводства, увеличении его продуктивности и снижении себестоимости продуктов питания является прочная кормовая база, позволяющая при любых погодных условиях получать разнообразные и качественные корма в достаточном количестве.

Силос из-за простоты приготовления и хранения – наиболее распространенный вид корма в зимне-стойловый период. В Западной Сибири до настоящего времени основ-

ной силосной культурой остается кукуруза, которая занимает более 65 % всех площадей силосных культур в данном регионе [1]. Широкое возделывание и использование кукурузы обусловлено ее мощным биологическим потенциалом, пластичностью по отношению к погодным условиям, что позволяет даже за относительно короткий период вегетации при соблюдении агротехники формировать высокие и стабильные урожаи.

В растениеводстве основа любой технологии – сорт или гибрид. В результате успешной работы отечественных и зарубежных селекционеров получено большое количество достаточно раннеспелых и холодостойких гибридов кукурузы. Однако многочисленные исследования свидетельствуют, что урожай кормовых культур существенно снижается из-за высокой засоренности посевов. Сорняки интенсивно используют питательные вещества, влагу, свет, поскольку растут опережающими темпами в сравнении с культурными растениями. Снижение урожайности в результате вредоносности сорняков достигает 45–50 % [2]. В связи с этим актуальна оптимизация элементов технологии возделывания кукурузы с учетом особенностей новых раннеспелых гибридов.

Приемы ухода за посевами предусматривают создание благоприятных условий для роста растений и накопления биомассы кукурузы. Наиболее простыми в проведении и достаточно эффективными приемами ухода за кукурузой являются довсходовые и повсходовые боронования, снижающие засоренность на 32–93 % [3–7]. Другой важный прием ухода за посевами – междурядные обработки. Они позволяют не только уничтожить всходы поздних сорняков, но и способствуют появлению дополнительных воздушных корней, повышающих устойчивость кукурузы к полеганию, улучшают аэрацию почвы, что усиливает процессы нитрификации и уменьшает вынос питательных веществ сорняками, масса которых в результате обработок уменьшается в 1,5–2,3 раза [8–10].

Цель исследования – оптимизировать приемы ухода за раннеспелым гибридом кукурузы Обский 140 СВ при использовании на силос и зернофураж.

#### УСЛОВИЯ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в лесостепной зоне Западной Сибири на центральной экспериментальной базе Сибирского науч-

но-исследовательского института кормов (Новосибирская область). Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, среднеспелый, среднесуглинистый.

Объект исследований – раннеспелый гибрид кукурузы Обский 140 СВ. Патентообладатели – НПО «КОС-МАИС», Алтайский НИИСХ и СибНИИ кормов. Трехлинейный гибрид, раннеспелый (ФАО 140–150), созревает за 92–95 дней. Отличается холодостойкостью, устойчивостью к полеганию, гельминтоспориозу, стеблевым гнилям, бактериозу початков. С 2004 г. включен в Государственный реестр сортов, допущенных к использованию по Северо-Западному, Центральному, Волго-Вятскому, Центрально-Черноземному, Средневолжскому, Уральскому и Западно-Сибирскому регионам [11].

Предшественником в опытах были семенные посевы сои (2009 и 2011 гг.) и фацелия (2010 г.). Осенью почву обрабатывали на глубину 23–25 см, весной проводили закрытие влаги зубowymi боронами (БЗТ-1,0), шлейфование планировщиком (ПН-8) с целью выравнивания поверхности почвы, предпосевную культивацию (КПС-4,0) на глубину заделки семян, прикатывание катками ЗККШ-6А до и после посева. Минеральные удобрения ( $N_{60}P_{60}K_{40}$ ) вносили вразброс под предпосевную культивацию. Повторность в опыте четырехкратная, посевная площадь делянок 84 м<sup>2</sup>, учетная – 56 м<sup>2</sup>. Посев проводили сеялкой Optima 19–27 мая. Густота стояния растений составляла 70–80 тыс./га. Уход за посевами включал боронование (БЗЛ-0,7) и междурядную обработку (КРН-4,2) согласно схеме опыта (табл. 1).

Фенологические наблюдения, динамику роста и накопления биомассы растений осуществляли по методике ВИК [12], учет засоренности посевов – по методике НИИСХ Юго-Востока [13]. Уборку и учет урожая зеленой массы проводили комбайном Е-280 с весовым устройством, урожайность зерна рассчитывали на 22%-ю влажность. Содержание сухого вещества определяли по ГОСТ Р 52838–2007 [14]. Энергетическую

Схема опыта

Способ ухода	Доза удобрений
Без уходов	Без удобрений
Без уходов	$N_{60}P_{60}K_{40}$
Две междурядные обработки	$N_{60}P_{60}K_{40}$
Боронование до всходов + междурядная обработка	$N_{60}P_{60}K_{40}$
Боронование до всходов и по всходам	$N_{60}P_{60}K_{40}$
Комплекс уходов: два боронования + две междурядные обработки	Без удобрений
Комплекс уходов: два боронования + две междурядные обработки	$N_{60}P_{60}K_{40}$

Примечание. Первое боронование – до всходов (через 4–5 дней после посева), второе – в фазу 3–4-го листа. Первая междурядная обработка – в фазу 4–5-го листа, вторая – 8–9-го.

и протеиновую питательность рассчитывали по методике В.И. Сироткина [15]. Статистическую обработку урожайных данных осуществляли согласно методике Б.А. Доспехова [16] с использованием пакета прикладных программ Snedecor [17].

Вегетационный период 2009 г. был избыточно увлажненным и холодным, 2010 г. также отличался существенным дефицитом тепла на фоне недостатка осадков с июня по сентябрь. Холодные погодные условия привели в 2009–2010 гг. к запозданию прохождения фаз развития более чем на 2 нед и не позволили растениям до заморозков сформировать початки молочно-восковой и восковой спелости. В 2011 г. погодные условия складывались для кукурузы более благоприятно: сформированы початки молочно-восковой и восковой спелости и получено фуражное зерно.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведение уходов способствовало значительному повышению высоты и продуктивности растений на протяжении всей вегетации. Так, в фазу выметывания две междурядные обработки или боронования с междурядной обработкой на фоне удобрений обеспечили в среднем за 3 года прибавку высоты растений на 52–59 %, зеленой массы на 108–120, сухой – на 110–127 %. Проведение комплекса уходов (два боро-

нования и две междурядные обработки) без применения удобрений дало прибавку практически на этом же уровне, на удобренном фоне обеспечило прибавку высоты растений на 68 %, зеленой массы на 134, сухой – на 150 %. Влияние приемов уходов в значительной степени зависело от погодных условий: в избыточно увлажненном 2009 г. отмечено существенное влияние довсходового и повсходового боронований. Прибавка зеленой массы составила 70 %, сухой – 62 %, в более засушливом 2010 г. – соответственно 18 и 22 %.

Наибольший положительный эффект указанные приемы ухода обеспечили в засушливом 2011 г. При проведении комплекса уходов на удобренном фоне прибавка высоты растений составила 120 %, зеленой массы – 355, сухой – 368 %. Эти закономерности сохранились до конца вегетации. Наблюдали некоторое снижение значения довсходового боронования с междурядной обработкой в фазе молочной спелости зерна и повышение действия двух боронований и, следовательно, комплекса уходов, включающего их. Данная существенная разница в продуктивности кукурузы в зависимости от способов ухода объясняется высоким общим уровнем засоренности посевов и замедленными темпами роста растений кукурузы в начальный период вегетации. На контрольном варианте без уходов на удобренном фоне в фазу формирования

початков кукурузы зеленая масса сорняков составила в среднем за 3 года 1178 г/м<sup>2</sup>, сухая – 294,4 г/м<sup>2</sup>. Боронования снизили зеленую биомассу сорняков на 28 %, две междурядные обработки – на 47, боронование и междурядная обработка – на 50, проведение комплекса уходов – на 70 %.

Следует отметить, что внесение удобрений существенно повышало засоренность посевов (на 45–50 % по зеленой массе), на контрольном варианте без уходов стало причиной повышения биомассы сорняков на 80 %, благодаря комплексу уходов – лишь на 50 %. Таким образом, удобрения, внесенные на кукурузе без приемов ухода, в значительной степени использовались сорняками. В наиболее засушливом 2011 г. биомасса сорняков была наименьшей по годам исследований и составила на варианте без уходов и удобрений 909 г/м<sup>2</sup>, в 2009 г. (наиболее увлажненном) – 1490, в 2010 г. – 1135 г/м<sup>2</sup>.

Низкая теплообеспеченность вегетационных периодов 2009–2010 гг. не позволила кукурузе сформировать початки молочно-восковой и восковой спелости. Однако проведение уходов существенно повлияло

не только на общий уровень биомассы кукурузы, но и на сбор початков молочной спелости. Погодные условия 2011 г. способствовали формированию кукурузой початков молочно-восковой и восковой спелости и фуражного зерна. Структурный анализ растений показал положительное влияние уходов и удобрений на формирование початков и их спелость. Так, если доля початков молочно-восковой и восковой спелости на варианте без уходов и удобрений по сухой массе составила 8 %, то при полном комплексе уходов на фоне удобрений – 42 %.

Учет урожайности выявил, что показатели продуктивности кукурузы во все годы исследований были минимальными на вариантах без уходов. Проведение каждого из приемов ухода обеспечило достоверную прибавку сбора биомассы. Даже самый простой прием ухода – боронование – повысил урожайность зеленой массы на 88 %, сухой – на 71, выход силоса – на 99 % (табл. 2). Максимальная продуктивность кукурузы отмечена при проведении двух боронований и двух междурядных обработок на фоне внесения удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub>: 410 ц зеленой массы/га, 104,6 – сухой и

Таблица 2

**Продуктивность раннеспелого гибрида кукурузы Обский 140 СВ в зависимости от приемов ухода (2009–2011 гг.)**

Вариант	Урожайность, ц/га		Сбор, ц/га	
	зеленой массы	сухой массы	силоса	зерна (2011 г.)
Без уходов, без удобрений	109	29,0	89	0,6
Без уходов, N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	177	48,0	135	1,1
Две междурядные обработки, N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	345	87,9	280	35,9
Боронование до всходов + междурядная обработка, N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	344	87,8	279	39,2
Боронование до всходов и по всходам, N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	332	82,0	269	35,4
Комплекс уходов: два боронования + две междурядные обработки, без удобрений	328	83,5	268	37,4
Комплекс уходов: два боронования + две междурядные обработки, N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	410	104,6	333	45,3
НСР <sub>05</sub> , ц/га	28,1	7,1		

333 ц силоса/га, что в 3,6–3,8 раза выше, чем на варианте без уходов и удобрений. Равнозначными показали себя варианты с проведением довсходового боронования с междурядной обработкой и с двумя междурядными обработками – 87,8–87,9 ц сухой массы/га. Практически такую же продуктивность обеспечили два боронования – 332 ц зеленой массы /га и 82,0 ц сухой массы/га. Внесение удобрений существенно повышало продуктивность кукурузы независимо от приемов ухода. На контрольном варианте без уходов эта прибавка была значительно выше, чем на варианте с комплексом уходов: 62 % зеленой массы, 66 – сухой массы и 52 % силоса. На вариантах полного комплекса уходов с применением удобрений эти показатели составили соответственно 25, 25 и 24 %.

Проведение всего комплекса уходов на неудобренном фоне также обеспечило значительную прибавку продуктивности по сравнению с вариантами удобренного фона благодаря снижению засоренности посевов и улучшению условий роста и развития кукурузы. В первом случае – на 201 % зеленой массы, 188 – сухой и 201 % силоса, во

втором – на 132, 118 и 146 % соответственно. Эти закономерности прослеживались во все годы исследований, хотя эффективность отдельных приемов в разные годы различалась. Так, в 2011 г. на варианте с боронованием прибавка сухой массы по сравнению с вариантом без уходов составила 114 %, в 2009, 2010 гг. – 50–67 %.

Весьма значительно влияние приемов ухода на урожайность фуражного зерна. Проведение всего комплекса уходов при внесении удобрений обеспечило получение в 2011 г. 45,3 ц фуражного зерна /га, без уходов – лишь 1,1 ц/га. Внесение удобрений при полном комплексе уходов повысило урожайность зерна кукурузы на 21 %.

Расчет продуктивности и биоэнергетическая оценка приемов ухода по результатам химического анализа показали, что полный комплекс уходов на фоне удобрений при довольно низких затратах энергии (2,64 МДж на 1 к.ед.) обеспечивает максимальный выход обменной энергии – 110,3 ГДж/га и кормовых единиц – 94,1 ц/га. На варианте без уходов эти показатели составили соответственно 4,53 МДж, 45,7 ГДж/га и 35,5 ц/га (табл. 3).

Таблица 3

**Биоэнергетическая оценка посевов кукурузы гибрида Обский 140 СВ  
в зависимости от приемов ухода (2009–2011 гг.)**

Вариант	Сбор кормовых единиц, ц/га	Сбор обменной энергии, ГДж/га	Сумма затрат, ГДж/га	Затраты энергии на 1 к.ед., МДж	Коэффициент энергетической эффективности
Без уходов, без удобрений	22,0	28,0	7,5	3,40	3,73
Без уходов, N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	35,5	45,7	16,1	4,53	2,84
Две междурядные обработки, N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	75,6	90,9	22,4	2,96	4,06
Боронование до всходов + междурядная обработка, N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	75,5	90,2	22,3	2,95	4,05
Боронование до всходов и по всходам, N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	70,5	84,4	21,8	3,09	3,88
Комплекс уходов: два боронования + две междурядные обработки, без удобрений	73,5	86,9	15,8	2,14	5,52
Комплекс уходов: два боронования + две междурядные обработки, N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	94,1	110,3	24,9	2,64	4,43

## ВЫВОДЫ

1. Оптимальным комплексом уходов за раннеспелым гибридом кукурузы Обский 140 СВ в условиях лесостепи Западной Сибири являются два боронования и две междурядные обработки с применением удобрений  $N_{60}P_{60}K_{40}$ , обеспечивающие повышение урожайности зеленой и сухой массы по сравнению с контролем (без уходов, без удобрений) в 3,6–3,8 раза при максимальном выходе с 1 га обменной энергии (110,3 ГДж) и кормовых единиц (94,1 ц).

2. Возделывание кукурузы без применения удобрений на фоне проведения всего комплекса приемов по уходу обеспечивает прибавку по сравнению с контролем 201 % зеленой массы и силоса и 188 % – сухой.

3. Проведение комплекса уходов способствует снижению засоренности посевов на 70 %. Удобрения, внесенные на кукурузе без приемов ухода, в значительной степени используются сорняками.

4. При возделывании гибрида кукурузы Обский 140 СВ на фуражное зерно проведение полного комплекса агротехнических приемов ухода как с использованием удобрений, так и без них обеспечивает сбор зерна до 45,3 ц/га.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кашеваров Н.И., Ильин В.С., Кашеварова Н.Н., Ильин И.В.** Кукуруза в Сибири. – Новосибирск, 2004. – 400 с.
2. **Кашеваров Н.И.** Возделывание силосных культур в Западной Сибири. – Новосибирск, 1993. – 269 с.
3. **Милащенко Н.З.** Борьба с сорняками на полях Сибири. – Омск, 1978. – 134 с.
4. **Можаев Н.И., Заботина Е.И.** О некоторых приемах борьбы с сорняками // Сб. науч. тр. Красноярского НИИСХ. – Красноярск, 1964. – Т. 2. – С. 17–22.
5. **Соколов В.С.** Возделывание кукурузы в Новосибирской области. – Новосибирск, 1978. – 23 с.
6. **Кашеваров Н.И.** Сроки боронования и продуктивность кукурузы // НТБ. – Новосибирск, 1979. – Вып. 6. – С. 5–6.
7. **Кашеваров Н.И.** Возделывание силосных культур в Западной Сибири. – Новосибирск, 1993. – 269 с.

8. **Афонин Н.М.** Сроки посева, густота растений и продуктивность кукурузы // Кукуруза и сорго. – 1996. – № 2. – С. 7–8.
9. **Бенц В.А., Кашеваров Н.И., Демарчук Г.А.** Полевое кормопроизводство в Сибири. – Новосибирск, 2001. – 240 с.
10. **Кашеварова Н.Н.** Совершенствование приемов возделывания кукурузы с различными кормовыми культурами в лесостепной зоне Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 1998. – 18 с.
11. **Сорта** селекции Сибирского НИИ кормов: проспект. – Новосибирск, 2010. – 41 с.
12. **Методика** полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: ВИК, 1971. – 157 с.
13. **Методика** определения засоренности / НИИСХ Юго-Востока. – Саратов, 1969. – 48 с.
14. **ГОСТ Р 52838–2007.** Корма. Методы определения содержания сухого вещества. Национальный стандарт РФ. Издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2008. – 11 с.
15. **Сироткин В.И.** Экспресс-метод производственной оценки энергетической и протеиновой питательности силоса и химической консервы. – Новосибирск, 1989. – 52 с.
16. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
17. **Сорокин О.Д.** Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск, 2004. – 160 с.

## REFERENCES

1. **Kashevarov N.I., Il'in V.S., Kashevarova N.N., Il'in I.V.** Kukuruz v Sibiri. – Novosibirsk, 2004. – 400 s.
2. **Kashevarov N.I.** Vozdelyvanie silosnykh kul'tur v Zapadnoi Sibiri. – Novosibirsk, 1993. – 269 s.
3. **Milashchenko N.Z.** Bor'ba s sornyakami na polyakh Sibiri. – Omsk, 1978. – 134 s.
4. **Mozhaev N.I., Zabolina E.I.** O nekotorykh priemakh bor'by s sornyakami // Sb. nauch. tr. Krasnoyarskogo NIISKh. – Krasnoyarsk, 1964. – T. 2. – S. 17–22.
5. **Sokolov V.C.** Vozdelyvanie kukuruzy v Novosibirskoi oblasti. – Novosibirsk, 1978. – 23 s.
6. **Kashevarov N.I.** Sroki boronovaniya i produktivnost' kukuruzy // NTB. – Novosibirsk, 1979. – Vyp. 6. – S. 5–6.
7. **Kashevarov N.I.** Vozdelyvanie silosnykh kul'tur v Zapadnoi Sibiri. – Novosibirsk, 1993. – 269 s.

8. **Afonin N.M.** Sroki poseva, gustota rastenii i produktivnost' kukuruzy // Kukuza i sorgo. – 1996. – N 2. – S. 7–8.
9. **Bents V.A., Kashevarov N.I., Demarchuk G.A.** Polevoe kormoproizvodstvo v Sibiri. – Novosibirsk, 2001. – 240 s.
10. **Kashevarova N.N.** Sovershenstvovanie priemov vozdelevaniya kukuruzy s razlichnymi kormovymi kul'turami v lesostepnoi zone Zapadnoi Sibiri: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Novosibirsk, 1998. – 18 s.
11. **Sorta seleksii Sibirskogo NII kormov:** prospekt. – Novosibirsk, 2010. – 41 s. 12. **Metodika** polevykh opytov s kormovymi kul'turami. – M.: VIK, 1971. – 157 s.
13. **Metodika** opredeleniya zasorennosti / NIISKh Yugo-Vostoka. – Saratov, 1969. – 48 s.
14. **GOST R 52838–2007.** Korma. Metody opredeleniya sodержaniya sukhogo veshchestva. Natsional'nyi standart RF. Izdanie ofitsial'noe. – M.: Standartinform, 2008. – 11 s.
15. **Sirotkin V.I.** Ekspress-metod proizvodstvennoi otsenki energeticheskoi i proteinovoi pitatel'nosti silosa i khimicheskoi konservy. – Novosibirsk, 1989. – 52 s.
16. **Dospekhov B.A.** Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
17. **Sorokin O.D.** Prikladnaya statistika na komp'yutere. – Krasnoobsk, 2004. – 160 s.

## EFFECTS OF CULTIVATION TECHNIQUES ON MAIZE PRODUCTIVITY FOR FEED PURPOSES

**N.I. KASHEVAROV<sup>1</sup>, Member of RAS, Doctor of Science in Agriculture, Acting Director,  
A.A. POLISHCHUK<sup>2</sup>, Candidate of Science in Agriculture, Laboratory Head,  
V.I. PONOMAREVA<sup>2</sup>, Researcher,  
A.N. LEBEDEV<sup>2</sup>, Junior Researcher**

<sup>1</sup>*Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies, RAS*

<sup>2</sup>*Siberian Research Institute of Fodder Crops, SFSCA RAS*

*Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia*

e-mail: sibkorma@ngs.ru

Results are given from studies on the effects of cultivation techniques on productivity of early-ripening maize hybrid Obskiy 140 SV when cultivated for silage and fodder-grain purposes under conditions of the West Siberian forest steppe. The cultivation techniques have been optimized, when the early-ripening maize hybrid Obskiy 140 SV (FAO 140–150) was grown for silage and fodder-grain purposes using mineral fertilizers in a dose of  $N_{60}P_{60}K_{40}$ , and without fertilizers. The optimum complex of techniques under conditions of the West Siberian forest steppe was found to be two harrowings and two inter-row tillage using fertilizers in a dose of  $N_{60}P_{60}K_{40}$ . These techniques provide increasing green and dry mass yields 3.6–3.8 times, as compared with the control (without crop cultivation, without fertilizers), with the maximum outputs of metabolizable energy (110.3 GJ) and feed units (94.1 centner) per ha. Maize cropping without fertilizers against a background of the entire complex of cultivation techniques provides the increases in green mass yield by 201% and dry mass yield by 188% as compared with the control. Carrying out the complex of crop cultivation techniques contributes to a reduction in weed infestation by 70%. Fertilizers applied to maize without cultivation techniques are largely used by weeds. When early-ripening maize hybrid Obskiy 140 SV is cultivated for fodder-grain purposes, carrying out the full complex of crop cultivation techniques with and without using fertilizers is necessary to obtain grain yields up to 45.3 centner per ha.

**Keywords:** maize, harrowing, inter-row tillage, green mass, dry mass.

*Поступила в редакцию 24.10.2017*



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-6

УДК 636.2.034:575.113

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОЛИМОРФИЗМА *CSN3*, *PRL*, *BLG*, *TNF-α* ГЕНОВ И ГРУПП КРОВИ У КОРОВ СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ\***

**Г.М. ГОНЧАРЕНКО**, доктор биологических наук, заведующая лабораторией,  
**С.Н. МАГЕР**, доктор биологических наук, руководитель,  
**Н.Б. ГРИШИНА**, кандидат биологических наук, научный сотрудник,  
**Т.С. ХОРОШИЛОВА**, младший научный сотрудник,  
**О.В. ПЛАХИНА**, младший научный сотрудник  
Сибирский научно-исследовательский институт животноводства СФНЦА РАН  
630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск  
e-mail: sibnptij@ngs.ru

Представлены результаты полиморфизма *CSN3*, *PRL*, *BLG*, *TNF-α* генов и иммуногенетическая характеристика коров симментальской породы из стад Новосибирской области и Республики Алтай. Методом полимеразной цепной реакции выявлены генотипы изучаемых генов, определена их частота в разных стадах и рассчитаны популяционно-генетические параметры. Исследования показали, что в стаде коров горной зоны наблюдалась более высокая частота AA генотипа на 0,179 и более низкая генотипа AB на 0,142 гена *k*-казеина, в сравнении со стадом степной зоны. Ген *PRL* более, чем на 0,70 представлен гомозиготным генотипом AA. Частота генотипов гена *BLG* и *TNF-α* в сравниваемых стадах симменталов не имела значимых различий. При сравнении гомозиготности генов в стадах показано, что наиболее высокое ее значение наблюдалось по гену *PRL* в обоих стадах (72,1–76,3 %). По остальным генам соотношение гомо и гетерозиготных генотипов находилось на одном уровне, за исключением гена *CSN3*, где разница по этому показателю составляла 25,4 %. Генное равновесие в стадах не нарушено. При анализе частот аллелей исследуемых генов установлено, что в стаде горной зоны частота A аллеля *CSN3* гена выше, аллеля B ниже (на 0,109), в сравнении с симменталами степной зоны. На основании полученных данных вычислены селекционно-генетические параметры ( $C_a$ ,  $SH$ ,  $N_{aj}$ ,  $V$ ), значение которых в исследуемых стадах находится на одном уровне. Иммуногенетическим анализом установлено антигенное сходство и различие стад чистопородных и голштиinizированных симменталов. На основании частот групп крови вычислен индекс генетического сходства ( $r$ ) между стадами, который находится на уровне 0,755–0,866, по частоте генотипов *CSN3*, *PRL*, *BLG*, *TNF* генов – 0,918.

**Ключевые слова:** симменталы, гены, генотипы, маркеры, полиморфизм, гомозиготность.

Симментальская порода скота, одна из древнейших пород мира, благодаря крепкому здоровью, возможности хорошо переваривать большое количество грубых кормов, короткому межотельному периоду и легким отелам порода успешно разводится в раз-

ных природно-климатических условиях. Особенности горной местности, длительное использование животными пастбищ (май – октябрь), а также селекция, направленная на повышение качественного состава молока (жир, белок), обуславливают фенотипичес-

\*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, номер проекта 16-44-040066 «Изучение влияния эколого-географических условий на формирование генотипических особенностей жвачных животных с использованием ДНК-маркеров и определение их связи с хозяйственно-ценными признаками».

кие признаки (крепкий копытный рог, сравнительно невысокая живая масса, средний уровень молочной продуктивности). Молоко коров отличается высокими сыропригодными качествами, поэтому порода занимает ведущее место в Республике Алтай (90 %) и предгорье Алтайского края. В Новосибирской области на долю симменталов приходится около 3 % всего поголовья.

Для увеличения молочной продуктивности симменталов в Новосибирской области скрещивают с красно-пестрыми голштинами. Процесс голштинизации благотворно отражается на удое и форме вымени и оказывает влияние на генотипическую структуру стада. Процесс голштинизации, с точки зрения улучшения хозяйственно ценных признаков животных, изучен достаточно широко. В меньшей степени исследовано его влияние на аллелофонд и популяционно-генетическую характеристику стад. Показано, что в результате скрещивания симменталов с красно-пестрыми голштинофризами происходит утрата части антигенов и аллелей *B* системы, имеющих в большом количестве у исходной породы [1].

В связи с этим, интерес представляют генетические маркеры, вовлеченные в процесс отбора, благодаря ассоциированности с продуктивными признаками, особенно с качественными характеристиками получаемой от них продукции (мраморность мяса, содержание жира и белка в молоке, его сыропригодность и др.) и «нейтральные» (группы крови).

В последние годы в животноводческой практике все более широкое применение находят SNP (Single Nucleotide Polymorphisms), к которым в качестве потенциальных маркеров, определяющих лактационные способности животного, можно отнести аллели генов молочных белков, таких как *CSN3* (*k*-казеин), *BLG* ( $\beta$ -лактоглобулин), *PRL* (пролактин).

Ген *CSN3* привлекает внимание исследователей благодаря выявленной ассоциации В-аллеля с повышенным содержанием белка в молоке и его технологическими свойствами для производства сыра, особенно твердых сортов [2–8].

Ген бета-лактоглобулина (*LGB*) отвечает за белкомолочность и показатель биологической ценности молока. Вариант *LGBB* связан с высоким содержанием в молоке казеиновых белков и процентом жира, а вариант *LGBA* ассоциируется с количеством сывороточных белков. Вариант – В, бета-лактоглобулина может быть принят как основной, поскольку он является наиболее частым у большинства пород [3,5,9].

Ген пролактин *PRL* относится к семейству белковых гормонов, участвующих в инициации и поддержании лактации у млекопитающих. Его рассматривают в качестве одного из потенциальных генетических маркеров молочной продуктивности у сельскохозяйственных животных. Установлена положительная связь генотипов АА и АВ этого гена с удоем и белкомолочностью у коров черно-пестрой, бурой швицкой, холмогорской, ярославской и симментальской пород [9–13].

При изучении резистентности животных и адаптационных способностей в настоящее время привлекается ген фактора некроза опухоли альфа *TNF- $\alpha$* , который участвует в регуляции различных метаболических процессов, что делает его перспективным геном-кандидатом, контролирующим массу тела и показатели роста у животных [14–17]. Показано, что телята красной степной породы с генотипом GA полиморфизма -824 A/G в гене *TNF- $\alpha$*  имеют более низкую массу при рождении по сравнению с генотипом GG [14].

Маркеры групп крови применимы для анализа происходящих изменений селекционно-генетических параметров в отдельных стадах, породах, линиях благодаря их надежной идентификации особей и относительной нейтральности к отбору. Кроме того, они легко выявляются, а результаты воспроизводятся и сопоставляются в разных лабораториях [18].

Цель исследований – изучить генетические особенности и селекционно-генетические параметры чистопородных и голштинизированных симменталов разных стад с использованием групп крови и *CSN3*, *PRL*, *BLG*, *TNF- $\alpha$*  генов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на стадах симментальской породы в ФГУП «АСЭХ» Республики Алтай ( $n=232$ ) и АО «Ивановское» ( $n=259$ ) Новосибирской области. Материалом для исследований служила консервированная ЭДТА КЗ кровь, из которой выделяли ДНК с использованием набора экстракции из клинического материала «Ампли Прайм ДНК-сорб-В» по прописи изготовителя ООО «НекстБио». ДНК-типирование коров по генам *k*-казеина, *PRL*, *BLG* было проведено согласно «Рекомендациям по геномной оценке крупного рогатого скота» [19]. Методика определения полиморфизма гена *TNF-α*-824 A/G изложена в статьях [14,17]. Амплификацию проводили в амплификаторе С1000 «BioRad». Полученные продукты амплификации генов обрабатывали эндонуклеазами рестрикции *Hind* III, *Not* I, *Rsa*I (СибЭНЗИМ, Новосибирск) согласно прописи изготовителя. Визуализацию и идентификацию генотипов определяли электрофорезом в 2 % агарозном геле в УФ-свете.

Иммуногенетическое типирование проводили с использованием моноспецифических сывороток-реагентов (ОАО «Самарское»), согласно рекомендациям [20].

Вычисление частот аллелей и генотипов проводили по формуле

$$p_i = f_i / 2N,$$

где  $p_i$  – частота  $i$ -го аллеля,  $f_i$  – число этого аллеля в популяции,  $N$  – численность популяции [21].

Ошибку для качественного признака вычисляли по формуле

$$m = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}},$$

где  $p$  – частота признака;  $n$  – число животных в исследуемой выборке.

Для оценки генетического сходства использовали формулу

$$r = 1 - \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n}},$$

где  $r$  – генетическое сходство,  $\sum \Delta^2$  – сумма квадратов величины разных частот антигенов,

сравниваемых популяций,  $n$  – число антигенов, по которым проводится сравнение [22].

Ошибку вычисляли по формуле

$$m = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{N_1 + N_2}{N_1 \cdot N_2} (1 - r^2)},$$

где  $N_1$  и  $N_2$  – объемы выборок,  $r$  – показатель сходства [23].

Статистическую обработку проводили с использованием стандартных компьютерных программ Excel по общепринятым методикам.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полиморфизма *CSN3*, *PRL*, *BLG*, *TNF-α* генов симменталов в разных стадах показал, что соотношение их генотипов не имеет различий, за исключением гена *CSN 3* (табл. 1).

В стаде коров ФГУП «АСЭХ» наблюдалась более высокая (на 0,179), частота AA генотипа *k*-казеина, и соответственно, более низкая (на 0,142), встречаемость гетерозиготного генотипа АВ в сравнении со стадом АО «Ивановское» ( $p < 0,05$ ). При этом следует отметить пониженный уровень в обоих стадах встречаемости ВВ генотипа *k*-казеина. Аналогичные данные получены и на симменталах Сербии (AA – 0,428; АВ – 0,476; ВВ – 0,09) и у симменталов Турции (AA – 0,54; АВ – 0,36; ВВ – 0,10), а также у помесей симментал-голштинских коров (AA – 0,575; АВ – 0,3625 и ВВ – 0,0625) [6–8]. Низкая концентрация этого генотипа у симменталов (2,5 %), т.е. на уровне чернопестрой породы (1,7–3,3 %), была выявлена [24–26]. Следует отметить, что в предыдущих исследованиях стад симментальской породы Республики Алтай нами было показано более высокое его содержание (12–17 %) [27, 28]. Наиболее высокая частота желательного генотипа ВВ этого гена выявлена в красной горбатовской и костромской породах (23–33 %) [29]. Интересно отметить, что этот ген у буйволов мономорфный по аллелю В [30–32].

В анализируемых стадах ген *PRL* на 0,70 и более, представлен гомозиготным генотипом AA, что соответствует данным, по-

Частота генотипов коров симментальской породы

Генотип	Хозяйство							
	АО «Ивановское»				ФГУП «АСЭХ»			
	<i>n</i>	частота	$\chi^2$	$C_a$ , %	<i>n</i>	частота	$\chi^2$	$C_a$ , %
CSN3 <sup>AA</sup>	75	0,385 ± 0,035			84	0,564 ± 0,041		
CSN3 <sup>AB</sup>	101	0,518 ± 0,035	3,250	54,0	56	0,376 ± 0,040	0,007	62,7
CSN3 <sup>BB</sup>	19	0,097 ± 0,021			9	0,060 ± 0,002		
PRL <sup>AA</sup>	75	0,714 ± 0,044			115	0,733 ± 0,353		
PRL <sup>AB</sup>	28	0,267 ± 0,043	0,103	72,1	41	0,261 ± 0,035	1,64	76,3
PRL <sup>BB</sup>	2	0,019 ± 0,013			1	0,006 ± 0,006		
BLG <sup>AA</sup>	16	0,147 ± 0,339			29	0,213 ± 0,035		
BLG <sup>AB</sup>	63	0,578 ± 0,047	3,340	50,8	64	0,471 ± 0,043	0,700	50,5
BLG <sup>BB</sup>	30	0,275 ± 0,042			43	0,316 ± 0,040		
TNF- $\alpha$ <sup>AA</sup>	18	0,121 ± 0,027			27	0,199 ± 0,034		
TNF- $\alpha$ <sup>AG</sup>	73	0,493 ± 0,041	0,531	53,5	60	0,441 ± 0,043	1,238	51,3
TNF- $\alpha$ <sup>GG</sup>	57	0,385 ± 0,040			49	0,360 ± 0,041		

лученным на породах молочного направления продуктивности [11, 33]. Аналогичная частота генотипов выявлена у симменталов, разводимых в Якутии (AA – 54–78 %; AB – 27–45; BB – 0–2 %) [34]. Однако по данным [35] у коров красной степной породы частота генотипа BB составляла 62,4 %; AB – 31,3 и AA – 6,3 %.

Соотношение генотипов гена *BLG* в сравниваемых стадах симменталов не имели значимых различий. По наблюдениям ряда авторов варьирование частот генотипов этого гена довольно широкое [3, 9].

При анализе полиморфизма гена *TNF- $\alpha$*  в стадах симментальской породы существенных отличий не выявлено. Доля животных с гетерозиготным генотипом AG составляла 0,44–0,49, тогда как гомозиготных с AA генотипом было 0,12–0,20 и, соответственно GG – 0,36 – 0,39. Несколько иное соотношение этих генотипов выявлено в красной степной породе – G/G, G/A и A/A – 54, 42 и 4 % [14] и черно-пестрой породы Западной Сибири (GG – 23,6 %; G/A – 42,7; AA – 33,6 %) [15,16].

При сравнении гомозиготности генов в стадах показано, что наиболее высокое ее значение наблюдалось по гену *PRL* в обоих стадах (72,1–76,3 %). По остальным генам

соотношение гомо и гетерозиготных генотипов находилось на одном уровне, за исключением гена *CSN3*, где разница по этому показателю составляла 25,4 %.

Анализ частот аллелей исследуемых генов в сравниваемых стадах показал их примерно одинаковое значение, за исключением гена *CSN 3*. В стаде ФГУП «АСЭХ» частота А аллеля этого гена выше, аллеля В ниже на 0,109, в сравнении с симменталами АО «Ивановское» ( $p < 0,001$ ) (табл. 2).

Таблица 2

Частота аллелей в стадах коров симментальской породы

Аллель	Хозяйство	
	ЗАО «Ивановское»	ФГУП «АСЭХ»
CSN3 <sup>A</sup>	0,643 ± 0,024	0,752 ± 0,025
CSN3 <sup>B</sup>	0,357 ± 0,024	0,248 ± 0,025
PRL <sup>A</sup>	0,848 ± 0,025	0,863 ± 0,019
PRL <sup>B</sup>	0,152 ± 0,025	0,137 ± 0,019
BLG <sup>A</sup>	0,436 ± 0,340	0,449 ± 0,030
BLG <sup>B</sup>	0,564 ± 0,340	0,551 ± 0,030
TNF- $\alpha$ <sup>A</sup>	0,368 ± 0,028	0,419 ± 0,030
TNF- $\alpha$ <sup>G</sup>	0,632 ± 0,028	0,581 ± 0,030

Таблица 3

## Селекционно-генетические параметры стад симменталов, %

Показатель	Хозяйство	
	ЗАО «Ивановское»	ФГУП «АСЭХ»
*C <sub>a</sub>	58,01 ± 4,18	60,2 ± 4,07
**SH	11,76 ± 2,73	8,01 ± 2,26
***N <sub>aj</sub>	1,72 ± 1,10	1,66 ± 1,06
****V	42,29 ± 4,19	40,24 ± 4,08

\*C<sub>a</sub> – средняя гомозиготность по всем системам, вычисленная по формуле Робертсона (1956);

\*\*SH – коэффициент гомозиготности, вычисленный по формуле Гильдермана;

\*\*\*N<sub>aj</sub> – число эффективно действующих аллелей, вычисленное по формуле Робертсона (1956);

\*\*\*\*V – степень генетической изменчивости.

На основании полученных данных вычислены селекционно-генетические параметры, значения которых в исследуемых хозяйствах находятся на одном уровне (табл. 3).

Индекс генетического сходства (*r*) между чистопородными симменталами (ФГУП «АЭСХ») и голштинизированными симменталами (АО «Ивановское») находился на уровне 0,918 ± 0,021.

Учитывая, что группы крови являются достаточно информативными генетическими маркерами для характеристики популяционных параметров, они были использованы для оценки генетического сходства исследуемых стад (табл. 4).

При анализе антигенной структуры стад выявлено их сходство по 14 антигенам: A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, O<sub>3</sub>, T<sub>2</sub>, Y<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>', E<sub>2</sub>', J<sub>2</sub>', G'', C<sub>1</sub>, F, L, H', U''. Стадо симменталов ФГУП «АЭСХ» характеризовалось более высокой концентрацией маркеров O<sub>1</sub>Q', симменталы АО «Ивановское» – B<sub>2</sub>, G<sub>2</sub>, Q, U' антигенами, у голштинизированных симменталов выявлена повышенная частотность антигенов: A<sub>1</sub>, O', R<sub>1</sub>, L' по сравнению с другими сравниваемыми стадами (*p* < 0,01; *p* < 0,001). При сравнении чистопородных симменталов между собой также установлены различия по частотам антигенов: B<sub>2</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>, I<sub>1</sub>, Q, A<sub>1</sub>'3, B', D', P<sub>2</sub>, Q', O', Y', C<sub>2</sub>, W, L', V, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, U', Z на 0,13-0,52 (*p* < 0,01; *p* < 0,001). Голштинизированные симменталы отличаются от симменталов ФГУП «АЭСХ» по встречае-

Таблица 4

## Антигенная структура стад симменталов

Антиген	Хозяйство		
	ФГУП АСЭХ, n=52	АО «Ивановское» (ч/п симменталы), n=150	АО «Ивановское» (голштинизированные симменталы), n= 109
A <sub>1</sub>	0,42 ± 0,068	0,37 ± 0,039	0,54 ± 0,048
A <sub>2</sub>	0,59 ± 0,068	0,55 ± 0,041	0,57 ± 0,047
B <sub>1</sub>	0,65 ± 0,066	0,70 ± 0,048	0,63 ± 0,046
B <sub>2</sub>	0,30 ± 0,063	0,47 ± 0,041	0,38 ± 0,046
G <sub>2</sub>	0,42 ± 0,068	0,94 ± 0,019	0,43 ± 0,047
G <sub>3</sub>	0,28 ± 0,063	0,68 ± 0,038	0,25 ± 0,041
O <sub>1</sub>	0,63 ± 0,066	0,53 ± 0,041	0,45 ± 0,047
I <sub>1</sub>	0,27 ± 0,062	0,01 ± 0,007	0,22 ± 0,04
O <sub>3</sub>	0,96 ± 0,027	0,93 ± 0,02	0,85 ± 0,034
P <sub>2</sub>	0,71 ± 0,063	0,69 ± 0,037	0,66 ± 0,045
Q	0,34 ± 0,066	0,54 ± 0,041	0,28 ± 0,043
T <sub>2</sub>	0,09 ± 0,040	0,07 ± 0,021	0,18 ± 0,04
Y <sub>1</sub>	0,07 ± 0,035	0,10 ± 0,024	0,17 ± 0,036
A <sub>1</sub> '	0,23 ± 0,058	0,46 ± 0,041	0,36 ± 0,046
A <sub>2</sub> '	0,55 ± 0,069	0,45 ± 0,041	0,58 ± 0,047
B'	0,67 ± 0,065	0,40 ± 0,040	0,77 ± 0,04
D'	0,88 ± 0,045	0,58 ± 0,040	0,97 ± 0,016
E <sub>2</sub> '	0,50 ± 0,069	0,58 ± 0,04	0,49 ± 0,049
I'	0,27 ± 0,062	0,17 ± 0,031	0,32 ± 0,045
J <sub>2</sub> '	0,30 ± 0,063	0,32 ± 0,026	0,25 ± 0,041
P <sub>2</sub> '	0,88 ± 0,045	0,46 ± 0,041	0,95 ± 0,021
Q'	0,65 ± 0,059	0,43 ± 0,041	0,5 ± 0,048
O'	0,53 ± 0,069	0,34 ± 0,039	0,73 ± 0,043
Y'	0,63 ± 0,061	0,84 ± 0,030	0,76 ± 0,041
G''	0,84 ± 0,051	0,89 ± 0,025	0,93 ± 0,024
G'''	0,84 ± 0,051	0,88 ± 0,026	0,89 ± 0,03
C <sub>1</sub>	0,55 ± 0,069	0,58 ± 0,041	0,64 ± 0,046
C <sub>2</sub>	0,88 ± 0,045	0,60 ± 0,040	0,94 ± 0,023
X <sub>2</sub>	0,63 ± 0,061	0,65 ± 0,039	0,38 ± 0,046
R <sub>1</sub>	0,15 ± 0,049	0,03 ± 0,014	0,34 ± 0,045
W	0,92 ± 0,038	0,59 ± 0,040	0,97 ± 0,016
L'	0,30 ± 0,063	0,51 ± 0,041	0,72 ± 0,043
F	0,92 ± 0,038	0,95 ± 0,017	0,96 ± 0,019
V	0,13 ± 0,047	0,26 ± 0,036	0,39 ± 0,047
L	0,89 ± 0,043	0,88 ± 0,026	0,79 ± 0,039
S <sub>1</sub>	0,15 ± 0,049	0,31 ± 0,038	0,22 ± 0,04
S <sub>2</sub>	0,44 ± 0,067	0,29 ± 0,050	0,40 ± 0,047
H'	1,0 ± 1,0	0,98 ± 0,011	0,96 ± 0,019
U'	0,42 ± 0,068	0,65 ± 0,039	0,09 ± 0,27
U''	0,11 ± 0,043	0,03 ± 0,014	0,17 ± 0,036
Z	0,78 ± 0,057	0,36 ± 0,039	0,76 ± 0,041

мости маркеров групп крови:  $O_1, Q', O', X_2, R_1, L', V, U'$  на 0,15-0,42 ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ;  $p < 0,001$ ). Процесс голштинизации оказал влияние на частотность антигенов симменталов стада АО «Ивановское». Значительные отличия между ними выявлены по антигенам:  $A_1, G_2, G_3, I_1, Q, B', D', I', P_2', O', C_2, X_2, R_1, W, L', U', Z$  на 0,15-0,56 ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ;  $p < 0,001$ ).

Различия в частотах антигенов выразились в индексе генетического сходства, значение которого было ниже между стадами симменталов степной и горной зон ( $0,792 \pm 0,049$ ), тогда как между симменталами ФГУП «АЭСХ» и голштинизированными симменталами АО «Ивановское» он находился на уровне  $0,866 \pm 0,042$ . Наиболее значимые различия и, соответственно, самый низкий индекс генетического сходства выявлен между чистопородными и голштинизированными симменталами в АО «Ивановское» ( $0,755 \pm 0,041$ ).

## ВЫВОДЫ

1. В стадах симментальской породы степной и горной зоны выявлен полиморфизм *CSN 3, PRL, BLG, TNF- $\alpha$*  генов, соотношение генотипов и аллелей которых не имело существенных различий, за исключением гена *CSN 3*. В стаде коров ФГУП «АСЭХ» наблюдалась более высокая на 0,179 частота AA генотипа и, соответственно, более низкая (на 0,142), встречаемость генотипа AB, в сравнении со стадом АО «Ивановское» ( $p < 0,05$ ), что отразилось на гомозиготности этого гена, которая была выше в горной зоне на 25,4 %, чем у симменталов степной зоны. Наиболее высокая гомозиготность в обоих стадах отмечена по гену *PRL* (72,1–76,3 %).

2. Основные показатели генетической изменчивости находятся на одном уровне: средняя гомозиготность ( $C_a$ ) – 58,0–60,2; коэффициент гомозиготности по всем генам (SH) – 11,76–8,01; число эффективно действующих аллелей ( $N_{aj}$ ) – 1,72–1,66; степень генетической изменчивости ( $I$ ) – 42,29–40,24.

3. Иммуногенетическим анализом животных по частоте антигенов выявлено сходство и различие стад, выразившееся в индексе генетического сходства ( $r$ ). Более низкое его значение наблюдалось между стадами симменталов степной и горной зон

( $0,792 \pm 0,049$ ), несколько выше – между симменталами ФГУП «АЭСХ» и АО «Ивановское» ( $0,866 \pm 0,042$ ). Наиболее значимые различия и, соответственно, самый низкий индекс генетического сходства выявлен между чистопородными и голштинизированными симменталами в АО «Ивановское» ( $0,755 \pm 0,041$ ). Индекс генетического сходства между чистопородными и голштинизированными симменталами, вычисленный по генам *CSN3, PRL, BLG, TNF- $\alpha$* , находился на уровне  $0,918 \pm 0,021$ , что вполне объяснимо незначительными различиями частот генотипов этих генов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Герасимова Л.А. Иммуногенетические показатели базового генофонда скота популяции ОАО «Племзавод Бородинский» // Вестн. Красноярского ГАУ. – 2014. – № 3. – С. 160–164.
2. Лоретец О.Г., Матушкина Е.В. Влияние генотипа каппа-казеина на технологические свойства молока // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 3 (121). – С. 23–26.
3. Зарипов О.Г. Генотипирование крупного рогатого скота по генам бета-лактоглобулина и каппа-казеина методами ДНК-технологии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Казань, 2010. – 24 с.
4. Шайдулин Р.Р., Ганиев А.С. Оценка полиморфизма гена каппа-казеина у животных черно-пестрой породы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии им. П.А. Столыпина. – 2015. – № 3 (31). – С. 104–109.
5. Хабибрахманова А.Я. Полиморфизм генов молочных белков и гормонов крупного рогатого скота: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – п. Лесные Поляны. Московской обл.: ВНИИплем., 2009. – 19 с.
6. Akyuz Bilal, Korhan Arslan, Davut Bayram, Kaan Miscan Allele frequency of kappa-casein, growth hormone and prolactin, gene in Holstein, Brown Swiss and Simmental cattle breeds in Turkeu // Kafkas Univ Vet Fak Derg – N 19 (3) – 2013. – С. 439–444.
7. Tracoviccka A., Moravcikova N., Navratilova A. Kappa-casein gene polymorphism (CSN3) and its effect on milk production traits // Acta futotechnica et zootechnica. – Nitra, Slovak University Agriculture in Nitra – 2012. – N 3 – P. 61–64.

8. **Djedovic R., Bogdanovic V., Perisic P., Stanojevic D., Popovic J., Brka M.** Relationship between genetic polymorphism of k-casein and quantitative milk yield traits in cattle breeds and crossbreeds in Serbia // *Genetika*. – 2015. – Vol 47, N 1. – P 23–32.
9. **Павлова Н.И., Филиппова Н.П., Чугунов А.В., Додохов В.В.** Полиморфизм генов CSN3, LGB и PRL у крупного рогатого скота в Республике САХА (Якутия) // *Достижения науки и техники АПК*. – 2016. – Т. 30, № 11, – С. 103–106.
10. **Лазебная И.В., Лазебный О.Е., Максименко В.Ф., Сулимов Г.Е.** // Полиморфизм генов гормона роста и пролактина в связи с признаками качества молока у крупного рогатого скота ярославской породы // *Сельскохозяйственная биология* – 2012. – № 3. – С. 39–44.
11. **Закирова Г.М., Султанова Р.Р., Зиннатов Ф.Ф.** Полиморфизм гена пролактина у коров татарстанского типа холмогорского скота // *Ученые записки государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана*. – 2011. – № 205. – С. 61–64.
12. **Некрасов А.А., Попов Н.А., Попов А. Н., Федотова Е.Г.** Ассоциация молочной продуктивности коров-первотелок черно-пестрой голштинской породы с генами bGH, bPRL, k-CN // *Сб. статей конференции, посвященной 85-летию со дня рождения Л.К. Эрнста*. – Киров, 2015. – С. 246–251.
13. **Попов А.Н., Попов Н.А., Хомушку Ч.М.** Исследование полиморфизма генов bGH, k-CN, bPRL в стадах черно-пестрой голштинской породы // *Проблемы биологии продуктивных животных*. – 2011. – Спецвыпуск № 4. – С. 107–110.
14. **Крыцина Т.И., Кочнев Н.Н., Голубева Е. Б., Айтназаров Р.Б., Гончаренко Г. М., Юдин Н.С.** Ассоциация полиморфизма – 824 A/G гена фактора некроза опухоли с показателями роста телят красной степной породы // *Вестник НГАУ*. – 2014. – № 3 (33). – С. 71–75.
15. **Люханов М.П., Петухов В.Л., Короткевич О.С., Себежко О.** Исследование однонуклеотидного полиморфизма SNPs по гену TNFR1 у крупного рогатого скота черно-пестрой породы в Западной Сибири в связи с молочной продуктивностью // *Зоотехния*. – 2015. – № 3. – С. 2–3.
16. **Люханов М.П., Короткевич О.С., Петухов В.Л.** Связь SNPs гена TNF-α у черно-пестрого скота Западной Сибири с показателями молочной продуктивности // *Главный зоотехник*. – 2014. – № 10. – С. 21–26.
17. **Stachura A., Brym P. Bojarojc-Nosowcz, Kaczmarczyk E.** Polymorphism and expression of the tumor necrosis factor receptor II gene in cows infected with the bovine leukemia virus // *Polish Journal of Veterinary Sciences*. – 2016. – Vol. 19, N 1. – P. 125–131.
18. **Ерёмина И.Ю.** Оценка степени генетической дифференциации маточного поголовья Красноярского типа черно-пестрой породы в СПК «Алексеевский» // *Вестн. Красноярского ГАУ*. – 2014. – № 2 – С. 139–143.
19. **Калашникова Л.А., Хабибрахманова Я. А., Павлова И.Ю. и др.** Рекомендации по геномной оценке крупного рогатого скота. – *Лесные Поляны, Московская область*, 2015. – 33 с.
20. **Сухова Н.О., Деева В.С., Лепёхин И.Н., Говорухин Д.В.** Группы крови крупного рогатого скота и их использование в селекционной работе: Метод. рекомендации. РАСХН. Сиб. Отд-ние. СибНИПТИЖ. – Новосибирск. – 1992. – 48 с.
21. **Меркурьева Е.К.** Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. – М.: Колос. – 1970. – 424 с.
22. **Серебровский А.С.** Генетический анализ. – М.: Наука. – 1970. – 342 с.
23. **Животовский Л.А., Сороковой П.Ф., Машуров А.М.** О вычислении индексов сходства между популяциями животных по частотам генов, контролирующим полиморфные признаки // *Генетика*. – 1973. – Т. 4. – С. 122–127.
24. **Долматова И.Ю., Валитов Ф.Р.** Оценка генетического потенциала крупного рогатого скота по маркерным генам // *Вестник Башкирского университета*. – 2015. – Т 20. – № 3. – С. 850–953.
25. **Шайдулин Р.Р., Ганиев А.С.** Оценка полиморфизма гена каппа-казеина у животных черно-пестрой породы // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии им. П.А. Столыпина*. – 2015 – № 3 (31) – С. 104–109.
26. **Мачульская Е.В.** Уровень молочной продуктивности коров голштинской породы черно-пестрой масти разных генотипов по локусу BoLADRB и каппа-казеина // *авто-*

- реф. дис. ... канд. биол. наук. – Ставрополь, 2009. – 23 с.
27. **Гончаренко Г.М., Горячева Т.С., Медведева Н.С., Гришина Н.Б., Акулич Е.Г., Кононенко Е.В.** Полиморфизм гена *k*-казеина и сыродельческие признаки молока коров симментальской породы // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 10. – С. 45–46.
  28. **Гончаренко Г.М., Гришина Н.Б., Плахина О.В., Герасимчук Л.Д., Бамбух В.И., Панков Е.А., Панков С.А.** Влияние голштинизации симментальской породы на изменение полиморфизма генов CSN3, BLG и их связь с продуктивностью и сыропригодностью. // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2016. – № 4. – С. 44–53.
  29. **Калашникова Л.А., Дунин И.М., Глазко В.И., Рыжова Н.В., Голубина Е.П.** ДНК-технологии оценки сельскохозяйственных животных. – п. Лесные Поляны: Изд-во ВНИИплем, 1999. – 148 с.
  30. **Mitra A.P., Schlee P., Krause I., Blusch J., Werner T., Bala Krishnan C.R., Pirchner F.** Kappa casein polymorphism in the Indian dairy cattle and buffalo: A new genetic variant in buffalo // Anim. Biotech. – 1998. – N 9 (2). – P. 81–87.
  31. **Pipalia D.L., Ladani D.D., Brahmkshtri B. P., Rank D.N., Joshi C.G., Vataliya P.H., Solanki J.V.** Kappa casein genotyping of Indian buffalo breed using PCR-RELP // Buffalo J., – 2001. – N. 2. – P. 195–202.
  32. **Otaviano A., Tonhati H., Desiderio S.J.A., Munoz M.F.C.** Kappa casein gene study with molecular marker in female buffalos. // Gene and Mol.Biol. – 2005. – N 28 (2). – P. 237–241.
  33. **Тюлькин С.В., Ахметов Т.М., Валиулина Э.Ф., Вафин Р.Р.** Полиморфизм по генам соматотропина, пролактина, лептина, тиреоглобулина быков-производителей // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16, № 4/2. – С. 1008–1012.
  34. **Павлова Н.И.** Вариабельность генов крупного рогатого скота Якутии и их действие на молочную продуктивность // автореф. дис. ... канд. биол. наук. – п. Лесные Поляны, Московская область, 2017. – 23 с.
  35. **Leonova M.A., Getmantseva L.V., Kolosov A.Yu., Pristupa V.N.** Genetic marker of cow milk productiveness of the Red Steppe breed // Научный альманах стран Причерноморья. – 2015. – № 1. – С. 29–31.

## REFERENCES

1. **Gerasimova L.A.** Immunogeneticheskie pokazateli bazovogo genofonda skota populyatsii OAO «Plemzavod Borodinskii» // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – 2014. – № 3. – S. 160–164.
2. **Loretets O.G., Matushkina E.V.** Vliyanie genotipa kappa-kazeina na tekhnologicheskie svoistva moloka // Agrarnyi vestnik Urala. – 2014. – № 3 (121). – S. 23–26.
3. **Zaripov O.G.** Genotipirovanie krupnogo rogatogo skota po genam beta-laktoglobulina i kappa-kazeina metodami DNK–tekhnologii: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Kazan', 2010. – 24 s.
4. **Shaidulin R.R., Ganiev A.S.** Otsenka polimorfizma gena kappa-kazeina u zhivotnykh cherno-pestroi porody // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. P.A. Stolypina. – 2015. – № 3 (31). – S. 104–109.
5. **Khabibrakhmanova A.Ya.** Polimorfizm genov molochnykh belkov i goronov krupnogo rogatogo skota: avtoref. diss...kand. biol. nauk. – Lesnye Polyany. Moskovskoi obl. VNIIPlem., 2009. – 19 s.
6. **Akyuz Bilal, Korhan Arslan, Davut Bayram, Kaan Miscan.** Allele frequency of kappa-casein, growth hormone and prolactin, gene in Holstein, Brown Swiss and Simmental cattle breeds in Turkeu // Kafkas Univ Vet Fak Derg – N 19 (3) – 2013. – S. 439–444.
7. **Tracovicka A., Moravcikova N., Navratilova A.** Kappa-casein gene polymorphism (CSN3) and its effect on milk production traits // Acta futotechnica et zootechnica. – Nitra, Slovak University Agriculture in Nitra – 2012. – N 3 – P. 61–64.
8. **Djedovic R., Bogdanovic V., Perisic P., Stanojevic D., Popovic J., Brka M.** Relationship between genetic polymorphism of k-casein and quantitative milk yield traits in cattle breeds and crossbreeds in Serbia // Genetika. – 2015. – Vol 47, N 1. – P 23–32.
9. **Pavlova N.I., Filippova N.P., Chugunov A.V., Dodokhov V.V.** Polimorfizm genov CSN3, LGB i PRL u krupnogo rogatogo skota v Respublike SAKhA (Yakutiya) // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2016. – T. 30, № 11. – S. 103–106.
10. **Lazebnaya I.V., Lazebnyi O.E., Maksimenko V.F., Sulimov G.E.** Polimorfizm genov gormona rosta i prolaktina v svyazi

- s признаками качества молока у крупного рогатого скота ярославской породы // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya – 2012. – № 3. – S. 39–44.
11. **Zakirova G.M., Sultanova R.R., Zinnatova F.F.** Polimorfizm gena prolaktina u korov tatarstanskogo tipa kholmogorskogo skota // Uchenye zapiski gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E Baumana. – 2011. – № 205. – S. 61–64.
  12. **Nekrasov A.A., Popov N.A., Popov A.N., Fedotova E.G.** Assotsiatsiya mo-lochnoi produktivnosti korov-pervotelok cherno-pestroi golshtinskoj porody s genami bGH, bPRL, k-CN // Sb. statei konferentsii, posvyashchenoi 85-letiyu so dnya rozhdeniya L.K. Ernsta – Kirov, 2015. – S. 246–251.
  13. **Popov A.N., Popov N.A., Khomushku Ch.M.** Issledovanie polimorfizma genov bGH, k-CN, bPRL v stadakh cherno-pestroi golshtinskoj porody // Problemy biologii produktivnykh zivotnykh. – 2011. – Spetsvyypusk № 4. – S 107–110.
  14. **Krytsina T.I., Kochnev N.N., Golubeva E.B., Aitnazarov R.B., Goncharenko G.M., Yudin N.S.** Assotsiatsiya polimorfizma – 824 A/G gena faktora nekroza opukholi s pokazatelyami rosta telyat krasnoi stepnoi porody // Vestnik NGAU. – 2014. – № 3 (33). – S. 71–75.
  15. **Lyukhanov M.P., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Sebezshko O.** Issledovanie odnonukdeotidnogo polimorfizma SNPs po genu TNFR1 u крупного рогатого скота cherno-pestroi porody v Zapadnoi Sibiri v svyazi s molochnoi produktivnost'yu // Zootekhniya. – 2015. – № 3. – S. 2–3.
  16. **Lyukhanov M.P., Korotkevich O.S., Petukhov V.L.** Svyaz' SNPs gena TNF-α u cherno-pestrogo skota Zapadnoi Sibiri s pokazatelyami molochnoi produktivnosti // Glavnyi zootehnik. – 2014. – № 10. – S. 21–26.
  17. **Stachura A., Brym P. Bojarojc-Nosowcz, Kaczmarczyk E.** Polymorphism and expression of the tumor necrosis factor receptor II gene in cows infect with the bovine leukemia virus // Polish Journal of Veterinary Sciences. – 2016. – Vol. 19, N 1. – P. 125–131.
  18. **Eremina I.Yu.** Otsenka stepeni geneticheskoi differentsiatsii matochnogo pogolov'ya Krasnoyarskogo tipa cherno-pestroi porody v SPK «Alekseevskii» // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 2 – S. 139–143.
  19. **Kalashnikova L.A., Khabibrakhmanova Ya.A., Pavlova I.Yu. i dr.** Rekomendatsii po genomnoi otsenke крупного рогатого скота. – Lesnye Polyany, Moskovskaya oblast', 2015. – 33 s.
  20. **Sukhova N.O., Deeva V.S., Lepekhin I.N., Govorukhin D.V.** Gruppy krovi крупного рогатого скота i ikh ispol'zovanie v selektsionnoi rabote: Metod. rekomendatsii. RASKhN. Sib. Otd-nie. SibNIPTIZh. – Novosibirsk. – 1992. – 48 s.
  21. **Merkur'eva E.K.** Biometriya v selektsii i genetike sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh. – M.: Kolos. – 1970. – 424 s.
  22. **Serebrovskii A.S.** Geneticheskii analiz. – M.: Nauka. – 1970. – 342 s.
  23. **Zhivotovskii L.A., Sorokovoi P.F, Mashurov A.M.** O vychislenii indeksov skhodstva mezhdru populyatsiyami zivotnykh po chastotam genov, kontroliruyushchikh polimorfnye priznaki // Genetika. – 1973. – T. 4. – S. 122–127.
  24. **Dolmatova I.Yu., Valitov F.R.** Otsenka geneticheskogo potentsiala крупного рогатого скота po markernym genam // Vestnik Bashkirskogo universiteta. – 2015. – T 20, № 3. – S. 850–953.
  25. **Shaidulin R.R., Ganiev A.S.** Otsenka polimorfizma gena kappa-kazeina u zivotnykh cherno-pestroi porody // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. P.A. Stolypina. – 2015 – № 3 (31) – S. 104–109.
  26. **Machul'skaya E.V.** Uroven' molochnoi produktivnosti korov golshtinskoj porody cherno-pestroi masti raznykh genotipov po lokusu BoLADRB i kappa-kazeina // avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – Stavropol', 2009. – 23 s.
  27. **Goncharenko G.M., Goryacheva T.S., Medvedeva N.S., Grishina N.B., Akulich E. G., Kononenko E.V.** Polimorfizm gena k-kazeina i syrodel'cheskie priznaki moloka korov simmental'skoi porody // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2013. – № 10. – S. 45–46.
  28. **Goncharenko G.M., Grishina N.B., Plakhina O.V., Gerasimchuk L.D., Bambukh V.I., Pankov E.A., Pankov S. A.** Vliyanie golshtinizatsii simmental'skoi porody na izmenenie polimorfizma genov CSN3, BLG i ikh svyaz' s produktivnost'yu i syroprigodnost'yu. // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2016. – № 4. – S. 44–53.
  29. **Kalashnikova L.A., Dunin I.M, Glazko V. I., Ryzhova N.V., Golubi-na E.P.** DNK-tekhnologii otsenki sel'skokhozyaistvennykh

- zhivotnykh. – p. Lesnye Polyany: Izd-vo VNI-Iplem, 1999. – 148 s.
30. **Mitra A.P., Schlee P., Krause I., Blusch J., Werner T., Bala Krishnan C.R., Pirchner F.** Kappa casein polymorphism in the Indian dairy cattle and buffalo: A new genetic variant in buffalo // *Anim. Biotech.* – 1998. – N 9 (2). – P. 81–87.
  31. **Pipalia D.L., Ladani D.D., Brahmshetri B. P., Rank D.N., Joshi C.G., Vataliya P. H., Solanki J.V., Buffalo J.** Kappa casein genotyping of Indian buffalo breed using PCR-RELP. – 2001. – N. 2. – P. 195–202.
  32. **Otaviano A., Tonhati H., Desiderio S.J.A., Munoz M.F.C.** Kappa casein gene study with molecular marker in female buffalos. // *Gene and Mol.Biol.* – 2005. – N 28 (2) – P. 237–241.
  33. **Tyul'kin S.V., Akhmetov T.M., Valiulina E. F., Vafin R.R.** Polimorfizm po genam somatotropina, prolaktina, leptina, tireoglobulina bykov-proizvoditelei // *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii.* – 2012.– T. 16, № 4/2. – S. 1008–1012.
  34. **Pavlova N.I.** Variabel'nost' genov krupnogo rogatogo skota Yakutii i ikh deistvie na molochnyuyu produktivnost' // avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. – p. Lesnye Polyany, Moskovskaya oblast', 2017. – 23 s.
  35. **Leonova M.A., Getmantseva L.V., Kolosov A.Yu., Pristupa V.N.** Genetic marker of cow milk productiveness of the Red Steppe breed // *Nauchnyi al'manakh stran Prichernomor'ya.* – 2015. – № 1. – S. 29–31.

### COMPARATIVE EVALUATION OF POLYMORPHISMS IN THE CSN3, PRL, BLG AND TNF- $\alpha$ GENES AND BLOOD GROUPS IN SIMMENTAL COWS

**G.M. GONCHARENKO, Doctor of Science in Biology, Laboratory Head,**

**S.N. MAGER, Doctor of Science in Biology, Head,**

**N.B. GRISHINA, Candidate of Science in Biology, Researcher,**

**T.S. KHOROSHILOVA, Junior Researcher,**

**O.V. PLAKHINA, Junior Researcher**

*Siberian Research and Technological Design Institute of Animal Husbandry, SFSCA RAS*

*Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia*

e-mail: sibnptij@ngs.ru

A research was carried out into polymorphisms in the CSN3, PRL, BLG and TNF-alpha genes and immunogenetic characteristic of Simmentals from two herds in Novosibirsk Region and Altai Territory. The genotypes of the genes studied were identified by the PCR method, the genotype frequencies in different herds were determined, and population-genetic parameters were calculated. The research has shown that the herd from the highlands was characterized by higher frequency of the k-casein AA genotype by 0.179 and by lower frequency of the AB genotype by 0.142 as compared to animals from the steppe zone. The PRL gene was more than 0.7 represented by the homozygous genotype AA. No significant distinctions in the frequencies of the BLG and TNF-alpha genotypes were found in Simmentals from the herds compared. A comparative analysis of gene homozygosis in the herds has shown that its highest values of 72.1–76.3% were observed for the PRL gene in both herds. As to the other genes, a ratio of homo- and heterozygous genotypes was at the same level, except for the CSN3 gene, where the difference was 25.4%. The gene balance in the herds was not disturbed. The analysis of the allele frequencies of the genes studied has shown that the frequency of the CSN3 gene A allele was higher, and the frequency of the B allele was lower by 0.109, in Simmentals from the highlands as compared to those from the steppe zone. The selective-genetic parameters ( $C_a$ ,  $SH$ ,  $N_{aj}$ ,  $V$ ) calculated on the basis of the data obtained were at the same level in both herds. The antigenic similarity and difference between the herds of purebred Simmentals and their hybrids with Holsteins were determined by immunogenetic analysis. The genetic similarity index ( $r$ ) between the herds has been calculated using the blood group frequencies, and turned out to be 0.755–0.866 that corresponds to its value of 0.918 determined by the genotype frequencies of the CSN3, PRL, BLG and TNF-alpha genes.

**Keywords:** Simmental, genes, genotypes, markers, polymorphism, homozygosis.

*Поступила в редакцию 06.10.2017*



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-7

УДК 636.22/.28.082.1

## УВЕЛИЧЕНИЕ ПЕРИОДА ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРОВ ПОРОДЫ СИБИРЯЧКА

**С.Б. ЯРАНЦЕВА**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,  
*Сибирский научно-исследовательский  
и проектно-технологический институт животноводства СФНЦА РАН  
630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск  
e-mail: sibnptij@ngs.ru*

Представлены результаты исследований по увеличению продуктивности и сроков хозяйственного использования коров породы Сибирячка. Исследования проведены по материалам зоотехнического учета 254 коров 2000–2005 годов рождения в хозяйстве-оригинаторе породы (Новосибирская область). Изучены паратипические факторы, влияющие на их пожизненную продуктивность и долголетие: возраст, живая масса телок при первом плодотворном осеменении, уровень продуктивности по первой лактации. Лучшие показатели продуктивного долголетия (продолжительность жизни 3193,7 дней, пожизненный удой 30 283,9 кг, выход молочного жира 1189,26 кг и белка 928,07 кг) отмечены у коров, первый раз отелившихся в возрасте 30–32 мес. При увеличении возраста первого отела уменьшается продолжительность жизни коров на 437,9 дня, а также снижается на 5951,9 кг пожизненный удой. С увеличением живой массы первотелок от 450 до 540 кг продолжительность жизни увеличивается на 816 дней (32,6 %), а пожизненная продуктивность – на 11 389,6 кг. Дальнейшее увеличение живой массы первотелок приводит к сокращению продолжительности жизни животных на 422,2 дня и 5839 кг молока за весь период их содержания. Отмечено, что продолжительность жизни коров увеличивается с ростом удоя по первой лактации. Максимальный срок хозяйственного использования животных в стаде (3,44 лактации) зарегистрирован у коров, раздоенных по первой лактации до уровня более 6000 кг молока. Раздой первотелок также положительно отразился на величине пожизненной продуктивности. С повышением удоя за первую лактацию от 4000 до 6000 кг и выше увеличивается количество произведенного коровой молока за жизнь на 12096,3 кг. Содержание молочного жира с увеличением удоя уменьшается на 0,13 % при практически неизменной белкомолочности. Полученные данные влияния возраста первого отела, живой массы и величины удоя за первую лактацию на продолжительность хозяйственного использования и продуктивность коров имеют большое значение для планирования селекционно-племенной работы.

**Ключевые слова:** паратипические факторы, коровы, срок хозяйственного использования, пожизненный удой.

Разведение новых высокопродуктивных пород крупного рогатого скота и планирование их хозяйственного использования – важный инструмент в обеспечении населения продукцией животноводства. В настоящее время создан массив новой сибирской породы Сибирячка, в которой насчитывается 9820 коров с удоём 7106 кг молока жирнос-

тью 3,78 % с содержанием белка 3,10 % и живой массой 546 кг.

Характерные признаки породы: приспособленность к разведению в суровых природно-климатических условиях, наличие особенностей в типе телосложения, хорошая плодовитость, высокий уровень молочной продуктивности при сохранении мяс-

ных качеств, устойчивая наследственность.

Настоящая работа по оценке сроков хозяйственного использования коров и выявлению факторов повышения продуктивного долголетия маточного поголовья стала логическим продолжением предыдущих исследований. Эффективность разведения животных изучалась по показателям молочной продуктивности и экстерьеру у животных первой лактации, а также по показателям молочной продуктивности по первой, второй и полновозрастным лактациям.

Продолжительность хозяйственного использования коров является важным хозяйственно-полезным признаком, так как от него зависит количество полученной от животного продукции, точность оценки племенных качеств коров, величина и скорость ремонта стада, а также уровень окупаемости затрат в молочном скотоводстве [1–9].

Одним из доступных приемов повышения сроков хозяйственного использования коров является выявление и технологическое регулирование паратипических факторов [10–15].

Цель исследования – оценить сроки хозяйственного использования голштинизированных черно-пестрых коров породы Сибирячка с учетом скорости их роста в период выращивания, возраста первого плодотворного осеменения и отела, уровнем раздоя по первой лактации.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- изучено влияние возраста и живой массы телок при первом плодотворном осеменении на их пожизненную продуктивность и долголетие коров;

- изучено влияние живой массы и уровня молочной продуктивности коров-первотелок на показатели их продуктивного долголетия.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проведены по данным первичного зоотехнического учета в хозяйстве-оригинаторе породы Сибирячка (СПК «Кирзинский» Новосибирской облас-

ти) 254 коров 2000–2005 годов рождения, имеющих достоверное происхождение и не менее одной законченной лактации.

Для исследований сформированы следующие группы животных:

- телки с показателями живой массы при первом плодотворном осеменении: до 380, 381–400, 401–420, 421 кг и более;

- коровы, возраст которых составил при первом отеле: до 26,0; 26,1–28,0; 28,1–30,0; 30,1–32,0; 32,1 мес и старше;

- первотелки с живой массой: до 450, 451–480, 481–510, 511–540, 541 кг и более;

- первотелки с интенсивностью раздоя: до 4000, 4001–5000, 5001–6000, 6001 кг и более).

Данные для исследований собраны из материалов зоотехнического и племенного учета. Весь собранный материал обработан биометрически с использованием компьютерной программы Microsoft Excel. Силу влияния отдельных изучаемых факторов на продуктивное долголетие коров определяли методом однофакторного дисперсионного анализа.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Средняя продолжительность жизни обследуемого поголовья составила 2296 дней, возраст первого отела – 823 дня, продолжительность продуктивного использования – 1473 дня (64 % от всей продолжительности жизни). Коровы продуцировали в хозяйстве в среднем 2,8 законченные лактации и за этот период от них получено в среднем 3,2 теленка. Средняя пожизненная продуктивность составила 19 777 кг молока жирностью 3,94 % и содержанием белка 3,10 %. От коров за один день жизни получили в среднем 8,6 кг молока, за один день продуктивного использования – 13,4 кг.

Параметры продуктивного долголетия коров в зависимости от живой массы телок при первом плодотворном осеменении представлены в табл. 1.

Методом дисперсионного анализа не установлено достоверного влияния живой массы коров на продолжительность жизни

**Продолжительность жизни и продуктивность коров в зависимости от живой массы телок при первом плодотворном осеменении**

Показатель	Живая масса телок при первом плодотворном осеменении, кг			
	до 380	381–400	401–420	более 420
Количество коров, гол.	30	69	46	60
Продолжительность жизни, дни	2145,5 ± 102,6	2059,9 ± 62,8	2023,1 ± 96,0	1999,5 ± 57,3
Возраст первого отела, дни	795,8 ± 15,8	800,4 ± 9,4	820,9 ± 12,2	816,8 ± 9,1
Количество законченных лактаций	2,5 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,3 ± 0,1
Пожизненный удой, кг	18026,6 ± 1364,1	16442,3 ± 913,2	15935,5 ± 1484,0	16135,8 ± 817,9
Содержание жира в пожизненном удое, %	3,95 ± 0,02	3,97 ± 0,01	3,96 ± 0,01	3,96 ± 0,01
Содержание белка в пожизненном удое, %	3,11 ± 0,006	3,11 ± 0,002	3,11 ± 0,004	3,12 ± 0,003
Выход молочного жира за жизнь, кг	712,05 ± 53,43	652,76 ± 35,06	632,05 ± 57,92	638,98 ± 31,95
Выход молочного белка за жизнь, кг	560,63 ± 42,65	511,36 ± 28,34	495,59 ± 45,76	503,45 ± 25,56

( $F = 0,36$ ) и пожизненный удой ( $F = 0,25$ ) при их первом плодотворном осеменении. Однако с повышением живой массы животных наблюдается тенденция к сокращению продолжительности их жизни и уменьшается пожизненный удой.

Одним из факторов, влияющих на продуктивное долголетие коров, является возраст первого отела. Влияние возраста первого отела коров на показатели продуктивного долголетия отражены в табл. 2.

Возраст первого отела 82,3 % коров не превышал 30 мес. Методом дисперсионного анализа установлено достоверное ( $p < 0,001$ ) влияние на продолжительность жизни коров возраста при первом отеле ( $F = 15,74$ ). Лучшие показатели продуктивного долголетия (продолжительность жизни 3193,7 дней, пожизненный удой 30 283,9 кг, выход молочного жира 1189,26 кг и белка 928,07 кг) отмечены у коров, отелившихся первый раз в возрасте 30–32 мес. При увеличении возраста первого отела более 32 мес уменьшается на 437,9 дня продолжительность жизни коров, а также, снижается и пожизненный удой – соответственно на 5951,9 кг молока.

Стремясь интенсивно выращивать племенных телок и сокращая возраст первого осеменения и отела животных, специалисты должны учитывать, что физиологическая зрелость телок наступает позднее половой зрелости животных. Раннее использование молодняка приводит в последующем к сокращению срока хозяйственного использования коров.

В значительной степени продолжительность жизни и продуктивность коров зависят от их живой массы при первом отеле (табл. 3).

Коровы с разной живой массой отличались по продуктивному долголетию. Продолжительность жизни коров при повышении массы от 450 до 540 кг увеличивается на 816 дней (32,6 %) ( $p < 0,001$ ,  $F = 5,62$ ), а пожизненная продуктивность – на 11 389,6 кг. Дальнейшее увеличение живой массы первотелок приводит к сокращению продолжительности жизни животных на 422,2 дня и удоя на 5839 кг за весь период их содержания. Данный факт обусловлен отрицательным влиянием избыточной живой массы на воспроизводительную функцию коров и на осложнения при отелах.

Таблица 2

**Продолжительность жизни и продуктивность коров  
в зависимости от возраста первого отела**

Показатель	Возраст первого отела, мес.				
	до 26	27–28	29–30	31–32	33 и старше
Количество коров, гол.	90	80	39	23	22
Продолжительность жизни, дни	2042,3 ± 59,3	2244,9 ± 65,5	2199,8 ± 121,8	3193,7 ± 205,4	2755,8 ± 198,5
Возраст первого отела, дни	742,7 ± 3,5	810,4 ± 1,9	860,9 ± 2,7	922,4 ± 3,3	1021,5 ± 8,7
Количество законченных лактаций	2,4 ± 0,1	2,74 ± 0,16	2,7 ± 0,3	4,4 ± 0,5	3,4 ± 0,4
Пожизненный удой, кг	17339,3 ± 857,7	19246,4 ± 979,0	17728,2 ± 1808,2	30283,9 ± 2916,1	24322,0 ± 3022,2
Содержание жира в пожизненном удое, %	3,96 ± 0,01	3,95 ± 0,01	3,96 ± 0,02	3,94 ± 0,02	3,97 ± 0,02
Содержание белка в пожизненном удое, %	3,11 ± 0,002	3,11 ± 0,003	3,12 ± 0,004	3,07 ± 0,007	3,10 ± 0,007
Выход молочного жира за жизнь, кг	684,16 ± 33,32	759,43 ± 38,36	699,21 ± 70,41	1189,26 ± 112,99	959,45 ± 116,15
Выход молочного белка за жизнь, кг	539,08 ± 26,54	597,59 ± 30,23	550,96 ± 55,81	928,07 ± 88,62	750,22 ± 91,63

Таблица 3

**Продолжительность жизни и продуктивность коров  
в зависимости от живой массы при первом отеле**

Показатель	Живая масса коров при первом отеле, кг				
	до 450	451–480	481–510	511–540	541 и более
Количество коров, гол.	8	32	97	70	44
Продолжительность жизни, дней	1685,9 ± 96,7	2012,3 ± 107,3	2423,8 ± 90,65	2502,4 ± 84,1	2080,2 ± 64,93
Возраст первого отела, дней	785,9 ± 50,1	783,75 ± 8,0	830,0 ± 8,0	835,9 ± 10,1	817,1 ± 16,8
Количество законченных лактаций	1,5 ± 0,33	2,22 ± 0,23	3,13 ± 0,19	3,23 ± 0,20	2,36 ± 0,14
Пожизненный удой, кг	11308,1 ± 1097,7	16230,9 ± 1458,5	21334,1 ± 1261,6	22697,7 ± 1238,0	16858,7 ± 957,0
Содержание жира в пожизненном удое, %	4,01 ± 0,02	3,98 ± 0,015	3,94 ± 0,009	3,95 ± 0,01	3,97 ± 0,014
Содержание белка в пожизненном удое, %	3,11 ± 0,004	3,12 ± 0,004	3,10 ± 0,004	3,10 ± 0,003	3,12 ± 0,003
Выход молочного жира за жизнь, кг	453,45 ± 44,81	645,99 ± 56,68	840,56 ± 49,09	896,56 ± 48,09	669,29 ± 37,32
Выход молочного белка за жизнь, кг	351,68 ± 34,22	506,40 ± 45,38	661,36 ± 38,45	703,63 ± 38,04	525,99 ± 29,77

**Продолжительность жизни и продуктивность коров  
в зависимости от уровня продуктивности за первую лактацию**

Показатель	Удой за первую лактацию, кг			
	до 4000 кг	4001–5000	5001–6000	6001 и более
Количество коров, гол.	22	101	99	32
Продолжительность жизни, дни	2165,3 ± 180,66	2178,26 ± 79,10	2303,20 ± 71,28	2737,91 ± 125,06
Возраст первого отела, дни	849,1 ± 18,14	815,58 ± 8,73	816,0 ± 8,04	846,62 ± 17,9
Количество законченных лактаций	2,68 ± 0,35	2,71 ± 0,16	2,80 ± 0,17	3,44 ± 0,25
Пожизненный удой, кг	15625,8 ± 2390,68	17017,2 ± 960,52	20946,0 ± 1056,58	27722,1 ± 1721,18
Содержание жира в пожизненном удое, %	4,04 ± 0,02	3,98 ± 0,01	3,9 ± 0,008	3,91 ± 0,013
Содержание белка в пожизненном удое, %	3,11 ± 0,005	3,11 ± 0,003	3,10 ± 0,03	3,10 ± 0,006
Выход молочного жира за жизнь, кг	631,28 ± 93,82	677,28 ± 37,57	823,18 ± 41,30	1083,39 ± 66,25
Выход молочного белка за жизнь, кг	485,96 ± 73,60	529,23 ± 29,53	649,33 ± 32,28	859,38 ± 52,30

Также происходит увеличение выхода молочного жира и белка (443,11 и 351,95 кг соответственно) при повышении живой массы первотелок от 450 до 540 кг с последующим сокращением объемов производимого жира и белка при увеличении массы тела коров выше 541 кг.

На продолжительность хозяйственного использования коров оказал влияние уровень их раздоя по первой лактации (табл. 4). Методом дисперсионного анализа установлено достоверное ( $p < 0,05$ ) влияние уровня раздоя на продолжительность хозяйственного использования животных ( $F = 3,47$ ).

Коровы, раздоенные по первой лактации более 6000 кг молока, использовались в стаде 3,44 лактации. Самая короткая продолжительность использования отмечена у коров, от которых за одну лактацию получили менее 4000 кг молока. Частично это можно объяснить более высокой выбраковкой малопродуктивных коров, частично же повлияло наличие в стаде СПК «Кирзинский» положительной корреляции ( $r = +0,33$ ) между величиной удоя по первой лактации и пожизненным удоём.

Раздой первотелок оказался эффективен и положительно отразился на пожизненной продуктивности коров. С повышением удоя за первую лактацию от 4000 до 6000 кг и выше увеличивается и количество про-

изведенного коровой молока за жизнь на 12096,3 кг ( $p < 0,001$ ,  $F = 10,52$ ). Однако содержание молочного жира с увеличением удоя уменьшается на 0,13 % при практически неизменной белковомолочности ( $p < 0,001$ ,  $F = 15,95$ ). Соответственно увеличивается на 452,11 кг выход молочного жира и на 373,42 кг молочного белка. Различия высоко достоверны.

### ВЫВОДЫ

1. Лучшие показатели продуктивного долголетия (продолжительность жизни 3193,7 дня, пожизненный удой 30 283,9 кг, выход молочного жира 1189,26 кг и белка 928,07 кг) отмечены у коров, отелившихся первый раз в возрасте 30–32 мес. При увеличении возраста первого отела уменьшается на 437,9 дня продолжительность жизни коров, также снижается и пожизненный удой соответственно на 5951,9 кг молока. Методом дисперсионного анализа установлено достоверное ( $p < 0,001$ ) влияние на продолжительность жизни коров возраста их первого отела ( $F = 15,74$ ).

2. С увеличением живой массы первотелок от 450 до 540 кг продолжительность жизни увеличивается на 816 дней (32,6 %) ( $p < 0,001$ ,  $F = 5,62$ ), пожизненная продуктивность – на 11389,6 кг. Дальнейшее увеличение живой массы первотелок приводит

к сокращению продолжительности жизни животных на 422,2 дня и 5839 кг молока за весь период их содержания.

3. Продолжительность жизни коров увеличивается с ростом удоя по первой лактации ( $F = 3,47$ ). Максимальный срок хозяйственного использования животных в стаде (3,44 лактации) оказался у коров, раздоенных по первой лактации до уровня более 6000 кг молока. Раздой первотелок оказался эффективен и положительно отразился на пожизненной продуктивности коров. С повышением удоя за первую лактацию от 4000 до 6000 кг и выше, увеличивается и количество произведенного коровой молока за жизнь на 12 096,3 кг ( $p < 0,001$ ,  $F = 10,52$ ). Однако содержание молочного жира с увеличением удоя уменьшается на 0,13 % ( $p < 0,001$ ,  $F = 15,95$ ) при практически неизменной белковомолочности.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Стрекозов Н.И.** Некоторые вопросы интенсификации молочного скотоводства // *Достижение науки и техники АПК.* – 2008. – № 10. – С. 15–17.
2. **Эрнст Л.К., Самохин В.Т., Виноградов В.Н., Кирилов М.П.** Проблемы долголетнего использования высокопродуктивных коров: 2-е изд. – Дубровицы: ВИЖ. – 2008. – С. 41–65.
3. **Григорьев Ю.Н., Осадчая О.Ю., Ильинкова Э.В., Холманова Г.А.** Разведение молочных коров, отличающихся продуктивным долголетием // *Метод. рекомендации.* – Дубровицы: ВИЖ. – 2005. – С. 7–11.
4. **Жебровский Л.С., Барышев А.А.** Продолжительность использования высокопродуктивных коров // *Зоотехния.* – 1992. – № 2. – С. 3–5.
5. **Маркушин А.П.** Сроки использования сельскохозяйственных животных. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 154 с.
6. **Комаров В.Н.** Пути увеличения периода хозяйственного использования коров: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. – Кострома, 1998. – 36 с.
7. **Крыканова Л.Н.** Повышение продуктивного долголетия коров // *Зоотехния.* – 1988. – № 1. – С. 60–63.
8. **Овчинникова Л.Ю.** Влияние отдельных факторов на продуктивное долголетие коров // *Зоотехния.* – 2007. – № 6. – С. 18–21.
9. **Прохоренко П., Тяпугин С.** Влияние различных факторов на продуктивное долголетие коров // *Молочное и мясное скотоводство.* – 2005. – № 7. – С. 13–16.
10. **Клименок И.И., Рогальский Г.Л., Майле А.В.** Взаимосвязь воспроизводительной способности с продуктивным долголетием у голштинизированного скота Сибири // *Сиб. вестн. с.-х. науки.* – 2001. – № 3–4. – С. 75–80.
11. **Гордеева А.К., Захаров Н.Б.** Влияние технологических параметров на продолжительность жизни и пожизненную продуктивность коров черно-пестрой породы // *Вестник НГАУ.* – 2010. – № 4. – С. 32–35.
12. **Дмитриева В.И., Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е., Чернушенко В.К.** Продуктивное долголетие коров и влияние на него ряда факторов // *Зоотехния.* – 2009. – № 7. – С. 18–20.
13. **Сарапкин В.Г., Алешкина С.В.** Продуктивное долголетие коров в зависимости от паратипических факторов // *Зоотехния.* – 2007. – № 8. – С. 4–7.
14. **Некрасов Д., Колганов А.** Влияние отдельных факторов на пожизненную продуктивность коров // *Молочное и мясное скотоводство.* – 2006. – № 5. – С. 28–31.
15. **Иванов В.А., Чичилова Л.М.** Влияние живой массы телок голштинской породы в отдельные периоды выращивания на продуктивность в первую лактацию // *Селекция молочного скота при чистопородном разведении и скрещивании.* – Дубровицы, 1991. – Вып. 102. – С. 118–120.

#### REFERENCES

1. **Strekozov N.I.** Nekotorye voprosy intensifikatsii molochnogo skotovodstva // *Dostizhenie nauki i tekhniki APK.* – 2008. – № 10. – S. 15–17.
2. **Ernst L.K., Samokhin V.T., Vinogradov V.N., Kirilov M.P.** Problemy dolgoletnego ispol'zovaniya vysokoproduktivnykh korov: 2-e izd. – Dubrovitsy: VIZh. – 2008. – S. 41–65.
3. **Grigor'ev Yu.N., Osadchaya O.Yu., P'inkova E.V., Kholmanova G.A.** Razvedenie molochnykh korov, otlichayushchikhsya produktivnym dolgoletiem // *Metod. rekomendatsii.* – Dubrovitsy: VIZh. – 2005. – S. 7–11.
4. **Zhebrovskii L.S., Baryshev A.A.** Prodolzhitel'nost' ispol'zovaniya vysokoproduktivnykh korov // *Zootekhniiya.* – 1992. – № 2. – S. 3–5.

5. **Markushin A.P.** Sroki ispol'zovaniya sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh. – M.: Rossel'khozizdat, 1983. – 154 s.
6. **Komarov V.N.** Puti uvelicheniya perioda khozyaistvennogo ispol'zovaniya korov: avtoref. dis. ... dokt. s.-kh. nauk. – Kostroma, 1998. – 36 s.
7. **Krykanova L.N.** Povyshenie produktivnogo dolgoletiya korov // Zootekhniya. – 1988. – № 1. – S. 60–63.
8. **Ovchinikova L.Yu.** Vliyanie otdel'nykh faktorov na produktivnoe dolgoletie korov // Zootekhniya. – 2007. – № 6. – S. 18–21.
9. **Prokhorenko P., Tyapugin S.** Vliyanie razlichnykh faktorov na produktivnoe dolgoletie korov // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2005. – № 7. – S. 13–16.
10. **Klimenok I.I., Rogal'skii G.L., Maile A.V.** Vzaimosvyaz' vosproizvoditel'noi sposobnosti s produktivnym dolgoletiem u golshtinizirovannogo skota Sibiri // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2001. – № 3–4. – S. 75–80.
11. **Gordeeva A.K., Zakharov N.B.** Vliyanie tekhnologicheskikh parametrov na prodolzhitel'nost' zhizni i pozhiznennuyu produktivnost' korov cherno-pestroi porody // Vestnik NGAU. – 2010. – № 4. – S. 32–35.
12. **Dmitrieva V.I., Kol'tsov D.N., Gontov M. E., Chernushenko V.K.** Produktivnoe dolgoletie korov i vliyanie na nego ryada faktorov // Zootekh-niya. – 2009. – № 7. – S. 18–20.
13. **Sarapkin V.G., Aleshkina S.V.** Produktivnoe dolgoletie korov v zavisimosti ot paratipicheskikh faktorov // Zootekhniya. – 2007. – № 8. – S. 4–7.
14. **Nekrasov D., Kolganov A.** Vliyanie otdel'nykh faktorov na pozhiz-nennuyu produktivnost' korov // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2006. – № 5. – S. 28–31.
15. **Ivanov V.A., Chichilova L.M.** Vliyanie zhivoi massy telok golshtinskoj porody v otdel'nye periody vyrashchivaniya na produktivnost' v pervuyu laktatsiyu // Selektiya molochnogo skota pri chistopородnom razvedenii i skreshchivanii. – Dubrovitsy, 1991. – Vyp. 102. – S. 118–120.

## INCREASING THE LENGTH OF PRODUCTIVE LIFE OF COWS OF SIBIRYACHKA BREED

**S.B. YARANTSEVA, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher**  
*Siberian Research and Technological Design Institute of Animal Husbandry, SFSCA RAS*  
*Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia*  
e-mail: sibnriptij@ngs.ru

Results are given from studies on increasing production performance and productive life of cows of Sibiryachka breed. The studies were carried out based on zootechnic recordings for 254 cows born in 2000–2005 at a breed originator farm in Novosibirsk Region. There were studied paratypic factors influencing their life-time productivity and longevity: age, live weights of heifers at the first fertile insemination, first lactation milk yield. The best parameters of productive life were observed in cows, firstly calving at the age of 30–32 months: life span of 3193.7 days, life-time milk yield of 30283.9 kg, milk fat and protein yields of 1189.26 and 928.07 kg, respectively. As the age of first-calf cows increased, their life span decreased by 437.9 days and life-time milk yield by 5951.9 kg. With increasing the live weight of first-calf cows from 450 to 540 kg, their life span increased by 816 days (32.6%) and life-time milk yield by 11389.6 kg. The further increase in live weight of first-calf cows result in reducing their life span by 422.2 days and life-time milk yield by 5839 kg. It was observed that life span of cows increased with increasing first lactation milk yield. The maximum productive life of a cow in a herd (3.44 lactations) was recorded in cows milking 6000 kg for the first lactation. With increasing first lactation milk yield from 4000 to 6000 kg and more, the life-time milk yield increased by 12096.3 kg. The milk fat content reduced with increased milk yield by 0.13% at the same milk protein content. These findings on the effects of first-calving age, live weight and first lactation milk yield on productive life and production performance of cows are very important to planning breeding work.

**Keywords:** paratypic factors, cows, productive life, life-time milk yield.

*Поступила в редакцию 16.10.2017.*



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-8

УДК 579.6

**ИЗУЧЕНИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ МИКРОБИОТЫ ЗЕРНА,  
УСТОЙЧИВЫХ К СОЛЯМ МЕДИ, ЦИНКА, МАРГАНЦА И ЙОДА\***

**Н.А. ДОНЧЕНКО<sup>1</sup>**, доктор ветеринарных наук, руководитель,  
**В.Н. АФОНЮШКИН<sup>1,2</sup>**, кандидат биологических наук, заведующий сектором,  
**И.В. НИКОЛАЕВА<sup>3</sup>**, кандидат химических наук, старший научный сотрудник,  
**Е.А. ХРАПОВ<sup>2</sup>**, младший научный сотрудник,  
**О.В. МИШУКОВА<sup>2</sup>**, младший научный сотрудник,  
**И.Н. ТРОМЕНШЛЕГЕР<sup>2</sup>**, инженер,  
**М.Л. ФИЛИПЕНКО<sup>2</sup>**, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией,  
**Н.В. ДАВЫДОВА<sup>1</sup>**, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник  
<sup>1</sup>Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СФНЦА РАН  
630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск  
e-mail: lisocim@mail.ru  
<sup>2</sup>Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН  
630090, Россия, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 8,  
e-mail: mfilipenko@gmail.com  
<sup>3</sup>Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева СО РАН  
630090, Россия, Новосибирск, пр. Ак. Коптюга 3  
e-mail: inikol@igm.nsc.ru

Изучен видовой состав представителей микробиоты зерна в качестве потенциальных продуцентов органических соединений микроэлементов для современных биотехнологий. Из микробиоценозов зерна 20 проб пшеницы (*Triticum vulgare*) выделены и описаны штаммы гетеротрофных микроорганизмов, устойчивых к токсическим концентрациям солей меди, цинка, марганца и йода. Содержание солей цинка, марганца и меди в суспензии отмытых бактериальных клеток определено высокочувствительным методом многоэлементного анализа масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. С использованием сред, содержащих марганец, выделены и идентифицированы *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus cereus*, *Lactococcus lactis*, *Bacillus subtilis*, *Brevibacillus* sp., *Bacillus amyloliquefaciens*. В питательной среде, содержащей 1 % К<sub>2</sub>СО<sub>3</sub>, выделены *Vagococcus* sp., *Paenibacillus dendritiformis* и три неидентифицированных штамма. На питательной среде, содержащей серноокислую медь, выращен один штамм неизвестного вида. В присутствии сульфата цинка (1 %) выращены *Klebsiella pneumonia*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Ralstonia insidiosa*, *Stenotrophomonas maltophilia*, что позволяет использовать их для разработки селективных сред. Обнаружены бактерии рода *Bacillus*, характеризующиеся способностью аккумулировать соединения меди до концентрации 22,3 мг/г сухой биомассы. Фрагмент гена 16 S рибосомальной РНК данной культуры характеризуется наибольшей, но неполной (98 %) гомологией с *Bacillus* sp. LY (Genbank AY787805). В настоящее время в изученной литературе отсутствуют данные о видовой принадлежности этого штамма *Bacillus*, что позволяет отнести его и выделенный штамм Cu 2 к новому виду, ранее не описанному в научной литературе.

**Ключевые слова:** органические соединения, медь, цинк, марганец, йод, *Ralstonia insidiosa*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Klebsiella pneumonia*, *Enterococcus faecalis*.

\*Работа поддержана базовым проектом Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2017–2020 гг. (VI.55.1.1, 0309–2016–0002) «Биология бактериально-вирусных сообществ».

Органические соединения микроэлементов (биоплексы) – это органические молекулы (белки, полисахариды, аминокислоты), содержащие в своем составе микроэлементы. Биоплексирование микроэлементов преследует следующие цели: снижение токсичности микроэлементов для животных и человека; защиту витаминов, входящих в состав продуктов питания, кормов, витаминно-минеральных добавок от реакционно-активных микроэлементов; повышение степени усвоения их организмом; создание депо микроэлементов в организме; производство функционального питания, обогащенного тем или иным микроэлементом. Современное производство цыплят-бройлеров требует увеличения содержания микроэлементов марганца и цинка в их рационе в несколько раз [1]. Поиск микроорганизмов, которые возможно использовать в биотехнологии для микробиального синтеза биоплексов, имеет практическую ценность.

Цель исследования – выделить и описать устойчивые к токсическим концентрациям солей меди, цинка, марганца и йода штаммы гетеротрофных микроорганизмов из микробиоценозов зерна.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Культуры бактерий, устойчивые к солям меди, цинка, селена, йода, были выделены из эпифитной микрофлоры зерна 20 проб пшеницы (*Triticum vulgare*). Навески пшеницы массой 1 г ресуспендировали в 9 мл стерильного физиологического раствора, оставляли для седиментации на 20 мин, делали 10-кратные серийные разведения, которые высевали на чашку Петри в объеме 100 мкл. Первичную изоляцию культур проводили на чашках Петри с *Eugonic* агаром (Биомерье), содержащим соли меди, марганца, цинка и йода в концентрациях от 1 до 5 %.

Вид бактерий определяли на основе секвенирования фрагмента гена 16S рибосомальной РНК и межгенного спейсера 16-23S рибосомальной РНК, а также по совокупности биохимических, культуральных, морфологических признаков. Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили в ко-

нечном объеме 25 мкл, содержащем 67 мМ трис-НСl (рН 8,9), 16 мМ сульфат аммония; 2,4 мМ MgCl<sub>2</sub>; 0,01 % Твин 20; 0,2 мМ дН-ТФ; 0,3 мМ олигонуклеотидных праймеров: 27f AGAGTTTGGATCCTGGCTCAG и HDA-2 GTATTACCGCGGCTGCTGGACA и 1 ед. Таq-полимеразы. Реакцию проводили на амплификаторе «Терцик» (НПФ ДНК-Технология, Россия) с начальной денатурацией при 95 °С 3 мин, далее в течение 36 циклов с денатурацией при 95 °С 10 с, отжигом при температуре 62–64 °С в течение 10 с и синтезом при 72 °С 15 с. Финальную элонгацию проводили при 72 °С 3 мин. Для определения нуклеотидной последовательности полученные фрагменты амплифицированной ДНК подвергали секвенированию методом Сенгера с использованием наборов BigDye Terminator Cycle Sequencing Kit v 3.1 (Applied Biosystems, США) на генетическом анализаторе «ABI PRISM 3100» (Applied Biosystems, США) по протоколам производителя. Полученные нуклеотидные последовательности подвергали анализу с использованием программных продуктов и баз данных NCBI [2].

Изучены морфологические и культуральные свойства полученных культур. Ферментацию сахаров оценивали на средах Гиса, уреазную активность оценивали по гидролизу мочевины с выделением аммиака (и защелачиванием среды). Бета-галактозидазную, триптофандезаминазную и глюкуронидазную активности определяли на среде «Ури-селект 4» (BioRad), так же оценивали каталазную и цитохромоксидазную активности.

Содержание солей цинка, марганца и меди в суспензии отмытых бактериальных клеток определяли с помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Анализ выполнен на масс-спектрометре высокого разрешения ELEMENT2 (Finnigan MAT, Germany) при стандартных для прибора операционных условиях [3].

Исследования способности отдельных штаммов накапливать цинк, марганец, медь, селен проведены на триптиказо-соевом бульоне с различными концентрациями солей. Бактериальные клетки, выросшие в присутствии соответствующей соли до оптической плотности сопоставимой с «бессолевым»

контролем, отмывали трехкратно физиологическим раствором, водой, супернатант тщательно удаляли, а осадок бактериальных клеток высушивали при 60 °С в течение 3 сут. Биомассу взвешивали на аналитических весах и растворяли в концентрированной азотной кислоте в объеме 1 мл (аналогичным образом обрабатывали культуры клеток выращенные на обычной среде).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее широкий спектр видов микроорганизмов встречался в присутствии сернокислого марганца. С использованием сред, содержащих марганец, выделены 10 разных видов микроорганизмов (23 штамма), включая не идентифицированные, но морфологически различающиеся. Были выделены и идентифицированы *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus cereus*, *Lactococcus lactis*, *Bacillus subtilis*, *Brevibacillus* sp., *Bacillus amyloliquefaciens* и 4 изолята на данный момент идентифицировать не удалось. *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Brevibacillus* sp. выделены из тех же проб зерна при использовании сред, не содержащих солей марганца.

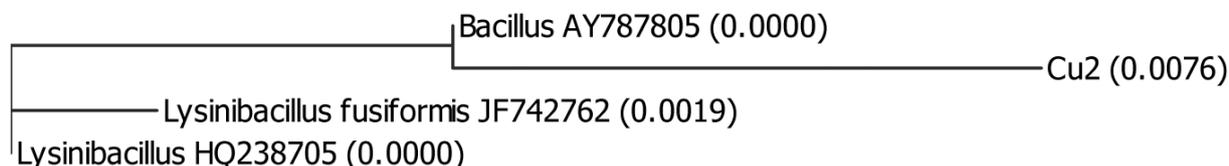
Использование соединений йода и меди существенно ограничило спектр выделяемых видов бактерий. С использованием питательной среды (*Eugonic* агар), содержащей 1 % KJ, изолировали *Vagococcus* sp., *Paenibacillus dendritiformis* и три неидентифицированных изолята. На питательной среде, содержащей медь сернокислую (в концентрации 1 %), выращен один изолят.

В присутствии сульфата цинка (1 %) выращены *Klebsiella pneumonia*, *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *Ralstonia insidiosa*, *Stenotrophomonas maltophilia*.

В процессе опыта выделены в большинстве штаммы и виды рода *Bacillus*, некоторые из них не идентифицированы до вида с помощью анализа гена 16 S рибосомальной РНК. *Bacillus licheniformis* и *B. safensis* практически не различались по этому гену и дополнительное определение ряда биохимических характеристик штамма gallus 4.2, позволили усомниться в его принадлежности к виду *Bacillus. licheniformis* (табл. 1).

Наибольший интерес представляет штамм *Bacillus* sp. Cu 2, устойчивый к солям меди. Данный микроорганизм является грамположительной спорообразующей бактерией. Фрагмент гена 16S рибосомальной РНК характеризуется наибольшей, но неполной (98 %) гомологией с *Bacillus* sp. LY (Genbank AY787805). В настоящее время в изученной литературе отсутствуют данные о видовой принадлежности штамма *Bacillus* (AY787805) [4]. Наиболее близкий вид *Lysinibacillus fusiformis* характеризуется устойчивостью к солям цинка, молибдена, ртути [5] и растет в присутствии 5 % NaCl [6]. Штаммы *Bacillus* (AY787805) и Cu 2 обладают определенным генетическим сродством (см. рисунок). Биохимические характеристики штамма Cu 2 (отсутствие ферментации глюкозы с образованием кислоты, сахарозы, маннита, образования уреазы, наличие каталазной и цитохромоксидазной активности) совпадают с аналогичными характеристиками *Lysinibacillus fusiformis* [7].

Тестирование минимальных ингибирующих концентраций в жидкой питательной среде (триптиказосоевый бульон) показало рост чувствительности ряда штаммов к солям марганца и йода. *Ralstonia* sp. Zn19, растущая на твердой питательной среде в присутствии цинка сернокислого в концентрации 1 %, в жидкой питательной



Филогенетические различия между штаммами Cu 2, *Bacillus* Genbank AY787805 и другими близкородственными микроорганизмами

Таблица 1

**Сравнительные биохимические характеристики штаммов рода *Bacillus***  
**(депонированных в коллекции ИХБФМ СО РАН) и неидентифицированного штамма Cu2**

Биохимический тест	<i>Bacillus</i> sp.	<i>B. licheniformis</i>			<i>B. safensis</i>	<i>B. pumilus</i>
	Cu2	Ural-galophyl	mrs	kerica	Orel TE	gallus 4.2
Утилизация фенилаланина	–	–	–	–	–	–
Реакция Фогеса Проскауэра	–	+	+	+	+	+
Уреазная активность	–	–	–	–	–	–
Продукция сероводорода	–	–	–	–	–	–
Ферментация глюкозы с образованием кислоты	–	+	+	+	+	+
Бета- галактозидазная активность	–	+	+	+	+	–
Ферментация:						
лактозы	+	–	–	–	–	–
маннита	–	+–	–	–	+	–
сахарозы	–	+	+–	+	+	+
инозита	–	+	+–	+	–	–
сорбита	–	+	+–	+	–	+
арабинозы	+–	+	+	+	+	+
мальтозы	+	+–	+	+	+–	+

Примечание. «+» положительная реакция, «–» отрицательная, «+–» сомнительная.

среде сохраняла способность к росту при концентрации сернокислого цинка 0,1 % (табл. 2). Штамм *Bacillus* sp. Cu 2 в жидкой питательной среде был в 40 раз более чувствительнее к сернокислой меди. Штаммы *Bacillus pumilus* характеризовались в целом самой низкой устойчивостью как к солям цинка, так и меди, марганца, йода (табл. 2). Штамм *Bacillus* sp. Cu 2, помимо устойчивости к солям меди, также отличался высокой резистентностью к солям цинка, марганца и йода, поэтому можно сделать предположение о наличии универсального механизма, обеспечивающего резистентность к анализируемым соединениям.

Наибольшая способность к аккумуляции марганца обнаружена у штаммов *Bacillus. coagulans* № 4 и *B. licheniformis* MRS, эти же штаммы характеризовались значительной устойчивостью к солям марганца по сравнению с другими штаммами бактерий (табл. 3). *Bacillus. coagulans* № 4 также отличался способностью к накоплению цинка и меди (№ 3–4), то есть, меха-

низм снижения токсических эффектов от избыточного содержания цинка, марганца и меди у этого вида бактерий универсален. Наибольшей способностью к аккумуляции меди обладал штамм *Bacillus* sp. Belgorod TE (микроорганизм был изолирован на среде в присутствии 50мМ ЭДТА, что обеспечивало селективную изоляцию бактерий, имеющих лиганды, связывающие двухвалентные катионы с большей эффективностью, чем ЭДТА). Выход биомассы и, соответственно, органически связанной меди был выше у *Bacillus* sp. Cu 2 на 48,6 %, что делает этот штамм более перспективным для нужд биотехнологии.

Технология поиска бактерий, потенциально пригодных для микробиального синтеза органических соединений микроэлементов, одновременно позволила расширить область знаний об эпифитной микрофлоре зерна. Состав микроорганизмов на поверхности зерна хлебных злаков изучен недостаточно, особенно в связи с региональной спецификой. Среди обнаруженной эпифитной микрофлоры зерна

Таблица 2

**Наивысшая концентрация солей, при которой наблюдался рост культур, %**

№ п/п	Штамм	ZnSO <sub>4</sub>	MnSO <sub>4</sub>	KJ	CuSO <sub>4</sub>
1	<i>Bacillus. licheniformis</i> kurica	0.025	0.1	0.1	0.025
2	<i>B. licheniformis</i> MRS	0.025	0.05	0.1	0.025
3	<i>B. subtilis</i> M ВКПМ 3 9865	0.01	0.05	0.1	0.025
4	<i>B. coagulans</i> U602	<0.012	0.012	0.05	0.012
5	<i>B. coagulans</i> 4	0.01	0.1	0.05	0.012
6	<i>Bacillus</i> sp. Belgorod TE	0.025	0.1	0.1	0.012
7	<i>Bacillus</i> sp. Cu2	0.1	0.1	0.1	0.025
8	<i>Ralstonia</i> sp. Zn19	0.012	0.1	0.1	0.025
9	<i>Bacillus. subtilis</i> Mn5	0.012	0.1	0.1	0.012
10	<i>B. safensis</i> OrelTE	0.012	0.1	0.1	0.012
11	<i>B. pumilus</i> gallus 4.2	<0.012	0.025	0.025	0.012
12	<i>B. pumilus</i> bovis 2	<0.012	0.025	0.025	<0.012

Таблица 3

**Содержание марганца и меди в бактериальных клетках по данным масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой**

№ п/п	Штамм	Марганец			Медь		
		Mn в бактериях, мкг/мл	MnSO <sub>4</sub> в питательной среде, мкг/мл	Mn в сухой биомассе, мг/г	Cu в бактериях, мкг/мл	CuSO <sub>4</sub> в питательной среде, мкг/мл	Cu в сухой биомассе, мг/г
1	<i>B. safensis</i> OrelTE*	149	1000	5,58	0,98	0	Недетектируемые значения
2	<i>B. pumilus</i> gallus 4.2*	17	250	7,39	0,27	0	»
3	<i>Bacillus</i> sp. Cu 2	0,01	0	0,0076	29	250	22,3
4	<i>B. safensis</i> OrelTE*	0,004	0	0,00014	9,8	120	3,63
5	<i>B. licheniformis</i> MRS*	65	500	149,5	4	250	9.2
6	<i>B. subtilis</i> ВКПМ 3 9865*	0,01	0	0,023	1,17	250	2,69
7	<i>B. coagulans</i> № 4	113	1000	259,9	9,0	120	20,7
8	<i>Bacillus</i> sp. Belgorod TE*	0,07	0	0,161	14,1	120	32,43

\* Культуры, депонированные в коллекции ИХБФМ СО РАН.

яровой пшеницы доминирующими являлись бактерии, которые были представлены следующими родами: *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Streptococcus*, *Sarcina*, *Xanthomonas*, *Erwinia* [8]. Из эпидемически значимых видов отмечены *Pseudomonas aeruginosa* [9], *Staphylococcus aureus* [10], некоторые клостридии. Представители перечисленных

выше родов, как правило, мажорные (доминантные) виды. Выделение всего спектра микроорганизмов, встречающихся в зерне, поэтому представляет определенные трудности [11]. Использование питательных сред, содержащих цинк, медь, йод, позволило также снизить высеваемость доминирующих видов эпифитной микрофлоры зерна и повысить высеваемость минорных видов

бактерий. Доминирующие виды микробиоценозов, особенно те, рост которых не лимитирован по пищевым ресурсам (источником которых и является зерно), преимущественно используют *r*-стратегию роста [12], что предполагает быстрое размножение и активное потребление пищевых ресурсов. Если стремиться к поиску штаммов суперпродуцентов, то маловероятно, что быстро растущий и практически ни с кем не конкурирующий микроорганизм будет обладать высокой удельной активностью по синтезу каких-либо ферментов, субстанций. Минорные компоненты микробиоценозов, реализующие *K*-стратегию (виды, выживающие за счет устойчивости к неблагоприятным факторам среды), должны обладать высокими адаптационными возможностями и уникальными механизмами конкуренции, чтобы не быть вытесненными *r*-стратегами (видами, конкурирующими за счет быстрого роста). Практически все используемые нами среды лишь незначительно изменяли количество высеваемых бактерий, но значительно влияли на спектр выделяемых видов. Исключение составили питательные среды с солями меди, которые позволили выделить только один вид бактерий в одной из проб. Вероятно, поиск новых ингибиторов роста бактерий позволит искать и находить еще более экзотические микроорганизмы. Пример использования меди показывает возможность селективного обнаружения единичных бактериальных клеток, находящихся в пробе зерна, а также позволяет установить, какие минорные (низко представленные) виды бактерий могут попадать в организм птиц и сельскохозяйственных животных [13, 14]. Использование способности бактерий к аккумуляции меди может представлять ценность как для обеспечения организма медью, так и для снижения ее токсических эффектов [15].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В составе зерна пшеницы выделены и идентифицированы *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus cereus*, *Lactococcus lactis*, *Bacillus subtilis*, *Brevibacillus* sp., *Bacillus amyloliquefaciens* с использованием сред, содержащих марганец. В питательной

среде, содержащей 1 % KJ, изолированы *Vagococcus* sp., *Paenibacillus dendritiformis*. В присутствии сульфата цинка (1 %) выращены *Klebsiella pneumonia*, *Enterococcus faecalis*, *E. faecium*, *Ralstonia insidiosa*, *Stenotrophomonas maltophilia*. На питательной среде, содержащей медь сернокислую, выделен один штамм нового вида, предварительно отнесенный к роду *Bacillus*, характеризующийся способностью аккумулировать соединения меди до концентрации 22,3 мг/г сухой биомассы.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Рогозинникова И., Шацких Е.** Кормовая добавка Биоплекс Медь в рационе цыплят-бройлеров // Птицеводство. – 2010. – № 9. – С. 26–27.
2. **Базы данных NCBI** – [Электронный ресурс]: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
3. **Nikolaeva I.V., Paleskii S.V., Kozmenko O. A., Anoshin G.N.** Analysis of Geologic Reference Materials for REE and HFSE by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) // *Geochemistry International*. – 2008. – Vol. 46, N 10. – P. 1016–1022.
4. **Xia H., Bin Z., Jian L., Yi-Liang H., Qiang J., Wen-Ying Z.** Nitrogen removal by *Bacillus* sp. LY with heterotrophic nitrification ability // *Huan Jing Ke Xue*. – 2007. – Vol. 28, N 6. – P. 1404–1408.
5. **Iftikhar A., Akira Y., Atsushi Y., Toru F.** Proposal of *Lysinibacillus boronitolerans* gen. nov., sp. nov., and transfer of *Bacillus fusiformis* to *Lysinibacillus fusiformis* comb. nov. and *Bacillus sphaericus* to *Lysinibacillus sphaericus* comb. nov. // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* – 2007. – Vol. 57. – P. 1117–1125.
6. **Josic D., Porobic M., Milicevic M., Vukovic D., Pivic R., Zdravkovic M., Coric T.** RAPD Fingerprinting of Indigenous *Lysinibacillus fusiformis* Isolates from Stabilized Sludge and Oil-Polluted Soil // *International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology*. – Turkey. – 2008. – P. 927–933.
7. **Phyllis A.W. Martin, Elizabeth A., Mongeon Dawn E.** Gundersen-Rindal Microbial combinatorics: a simplified approach for isolating insecticidal bacteria // *Biocontrol Science and Technology*. – 2008. – Vol. 18, N 3. – P. 291–305.

8. **Демченко Е.В., Вершинина Е.В., Петрова А.Е.** Влияние сельскохозяйственной культуры и эколого-географической зоны произрастания на состав эпифитной микрофлоры зерна // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 7. – С. 65–69.
9. **Афонюшкин В.Н., Юшков Ю.Г., Коптев В.Ю. и др.** Использование ПЦР в системе контроля псевдомоноза и пастереллеза с.-х. птицы. – Новосибирск, 2007. – 22 с.
10. **ГОСТ 10444.2–94** Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества *Staphylococcus aureus*. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 10 с.
11. **Афонюшкин В.Н., Храпов Е.А., Мишукова О.Н., Дударева Е.В., Филипенко М.Л., Юшков Ю.Г.** Изучение видовой разнообразия микрофлоры зерна // Птицеводство. – 2010. – № 10. – С. 47–49.
12. **MacArthur R., Wilson E.O.** The Theory of Island Biogeography. Princeton University Press. – [Электронный ресурс]: <http://press.princeton.edu/titles/7051.html>
13. **Гомбоев Д.Д., Носенко Н.А., Коптев В.Ю.** Регуляция функциональной активности кишечной микрофлоры поросят: сб. науч. тр. Всерос. научн.-исслед. ин-та овцеводства и козоводства. – Ставрополь, 2014. – Т. 3, № 7. – С. 320–323.
14. **Леонова М.А., Афонюшкин В.Н., Андронов Е.Е., Кимеклис А.К.** Метагеномный анализ микробиоты кишечника сельскохозяйственной птицы в Новосибирской области.: сб. науч. тр. Всерос. науч.-исслед. ин-та овцеводства и козоводства. – Ставрополь, 2015. – Т. 1, № 8. – С. 453–455.
15. **Finney L.A., O'Halloran T.V.** Transition Metal Speciation in the Cell: Insights from the Chemistry of Metal Ion Receptors Science // Science. – 2003. – Vol. 300(5621), N 9. – P. 931–936.
1. **Rogozinnikova I., Shatskikh E.** Kormovaya dobavka Biopleks Med' v ratsione tsyplyatbroilerov // Ptitsevodstvo. – 2010. – № 9. – S. 26–27.
2. **Bazy dannyykh NCBI** – [Elektronnyi resurs]: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
3. **Nikolaeva I.V., Paleskii S.V., Kozmenko O. A., Anoshin G.N.** Analysis of Geologic Reference Materials for REE and HFSE by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) // Geochemistry International. – 2008. – Vol. 46, N 10. – P. 1016–1022.
4. **Xia H., Bin Z., Jian L., Yi-Liang H., Qiang J., Wen-Ying Z.** Nitrogen removal by *Bacillus* sp. LY with heterotrophic nitrification ability// Huan Jing Ke Xue. – 2007. – Vol. 28, N 6. – P. 1404–1408.
5. **Iftikhar A., Akira Y., Atsushi Y., Toru F.** Proposal of *Lysinibacillus boronitolerans* gen. nov., sp. nov., and transfer of *Bacillus fusiformis* to *Lysinibacillus fusiformis* comb. nov. and *Bacillus sphaericus* to *Lysinibacillus sphaericus* comb. nov. // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. – 2007. – Vol. 57. – P. 1117–1125.
6. **Josic D., Porobic M., Milicevic M., Vukovic D., Pivic R., Zdravkovic M., Coric T.** RAPD Fingerprinting of Indigenous *Lysinibacillus fusiformis* Isolates from Stabilized Sludge and Oil-Polluted Soil // International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. – Turkey. – 2008. – P. 927–933.
7. **Phyllis A.W. Martin, Elizabeth A., Mongeon Dawn E. Gundersen-Rindal** Microbial combinatorics: a simplified approach for isolating insecticidal bacteria // Biocontrol Science and Technology, – 2008. – Vol. 18, N 3. – P. 291–305.
8. **Demchenko E.V., Vershinina E.V., Petrova A.E.** Vliyanie sel'skokhozyaistvennoi kul'tury i ekologo-geograficheskoi zony proizrastaniya na sostav epifitnoi mikroflory zerna // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya – 2004. – № 7. – S. 65–69.
9. **Afonyushkin V.N., Yushkov Yu.G., Koptev V.Yu. i dr.** Ispol'zovanie PTsR v sisteme kontrolya psevdomonozha i pasterelleza s.-kh. ptitsy. – Novosibirsk, 2007. – 22 s.
10. **GOST 10444.2–94** Produkty pishchevye. Metody vyyavleniya i opredeleniya kolichestva *Staphylococcus aureus*. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 10 с.
11. **Afonyushkin V.N., Khrapov E.A., Mishukova O.N., Dudareva E.V., Filipenko M.L., Yushkov Yu.G.** Izuchenie vidovogo raznoobraziya mikroflory zerna // Ptitsevodstvo. – 2010. – № 10. – S. 47–49.
12. **MacArthur R., Wilson E.O.** The Theory of Island Biogeography. Princeton University Press. – [Elektronnyi resurs]: <http://press.princeton.edu/titles/7051.html>

REFERENCES

13. **Gomboev D.D., Nosenko N.A., Koptev V.Yu.** Regulyatsiya funktsional'noi aktivnosti kishechnoi mikroflory porosyat: sb. nauch. tr. Vseros. nauchn.-issled. in-ta ovtsevodstva i kozovodstva. – Stavropol', 2014. – T. 3, № 7. – S. 320–323.
14. **Leonova M.A., Afonyushkin V.N., Andronov E.E., Kimeklis A.K.** Metagenomnyi analiz mikrobioty kishechnika sel'skokhozyaistvennoi ptitsy v Novosibirskoi oblasti.: sb. nauch. tr. Vseros. nauch.-issled. in-ta ovtsevodstva i kozovodstva. – Stavropol', 2015. – T. 1, № 8. – S. 453–455.
15. **Finney L.A., O'Halloran T.V.** Transition Metal Speciation in the Cell: Insights from the Chemistry of Metal Ion Receptors Science // Science. – 2003. – Vol. 300 (5621), N 9. – P. 931–936.

## STUDYING REPRESENTATIVES OF WHEAT GRAIN MICROBIOTA RESISTANT TO COPPER, ZINC, MANGANESE AND IODINE SALTS

**N.A. DONCHENKO<sup>1</sup>, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head,  
V.N. AFONYUSHKIN<sup>1,2</sup>, Candidate of Science in Biology, Sector Head,  
I.V. NIKOLAYEVA<sup>3</sup>, Candidate of Science in Chemistry, Senior Researcher,  
E.A. KHRAPOV<sup>2</sup>, Junior Researcher,  
O.V. MISHUKOVA<sup>2</sup>, Junior Researcher,  
I.N. TROMENSHLEGER<sup>2</sup>, Engineer,  
M.L. FILIPENKO<sup>2</sup>, Candidate of Science in Biology, Laboratory Head,  
N.V. DAVYDOVA<sup>1</sup>, Candidate of Science in Veterinary Medicine, Senior Researcher**

<sup>1</sup> Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East, SFSCA RAS  
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia,  
e-mail: lisocim@mail.ru

<sup>2</sup> Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine, SB RAS  
8, Lavrentyeva Ave, Novosibirsk, 630090, Russia,  
e-mail: mfilipenko@gmail.com

<sup>3</sup> V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS  
3, Akademika Koptyuga Ave, Novosibirsk, 630090, Russia,  
e-mail: inikol@igm.nsc.ru

There was studied the species composition of the wheat grain microbiota, representatives of which could be potential producers of organic compounds for modern biotechnology. Twenty wheat (*Triticum vulgare*) samples were tested, from microbiocenoses of which the strains of heterotrophic microorganisms resistant to toxic concentrations of copper, zinc, manganese and iodine salts were isolated and described. The contents of zinc, manganese and copper salts in a suspension of washed bacterial cells were determined using a highly sensitive multielement analysis method of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Using media containing manganese, we isolated and identified *Stenotrophomonas maltophilia*, *Bacillus cereus*, *Lactococcus lactis*, *Bacillus subtilis*, *Brevibacillus* sp., *Bacillus amyloliquefaciens*. Using a medium containing 1% KJ, we isolated *Vagococcus* sp., *Paenibacillus dendritiformis* and three unidentified isolates. On a nutrient medium containing copper sulfate, one isolate of an unknown species was grown. In the presence of 1% zinc sulfate, *Klebsiella pneumonia*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Ralstonia insidiosa*, *Stenotrophomonas maltophilia* have grown that allows using them for the development of selective media. Bacteria of the genus *Bacillus* have been detected, which are characterized by the ability to accumulate copper compounds to a concentration of 22.3 mg/g dry biomass. The 16S rRNA gene fragment from this culture has the greatest, but incomplete (98%), homology with *Bacillus* sp. LY (Genbank AY787805). No data on species identity of this *Bacillus* strain are available in the literature studied that allows us to refer it and isolated strain Cu2 to a new species, which has not previously been described.

**Keywords:** organic compounds, copper, zinc, manganese, iodine, *Ralstonia insidiosa*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Klebsiella pneumonia*, *Enterococcus faecalis*.

Поступила в редакцию 21.06.2017



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-9

УДК 631.362.33

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДАЧИ ЗЕРНА ПРИ СЕПАРАЦИИ ПЛАНЕТАРНЫМ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ РЕШЕТОМ С КРУГЛЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ

**Н.М. ИВАНОВ<sup>1</sup>**, доктор технических наук, руководитель,  
**И.Я. ФЕДОРЕНКО<sup>2</sup>**, доктор технических наук, заведующий кафедрой,  
**С.Е. ЗАХАРОВ<sup>1</sup>**, научный сотрудник,  
**А.А. СУХОПАРОВ<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

<sup>1</sup>Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации  
сельского хозяйства СФНЦА РАН

630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск

e-mail: sibime@ngs.ru

<sup>2</sup>Алтайский государственный аграрный университет

656049, Россия, г. Барнаул, пр-т Красноармский, 98

e-mail: ijfedorenko@mail.ru

Разработана математическая модель движения зерновых частиц по цилиндрическому решету, совершающему планетарное вращение, при просеивании их в отверстие. Получены дифференциальные уравнения движения зерновой частицы в отверстие решета с учетом конструктивно-режимных параметров решета, скорости перемещения частицы по сепарирующей поверхности. Определены условия прохождения зерновой частицы в отверстие решета с учетом ее максимального положения над поверхностью решета. Выявлены основные зависимости прохождения длинных частиц в круглые отверстия от конструктивных, кинематических и технологических параметров процесса сепарации на цилиндрических планетарных решетах. Максимальная подача зерна при сепарации зерновок сквозь одно отверстие достигается при 450 оборотах решета. Определен характер изменения скорости при перемещении зерновки над отверстием. С увеличением общего давления зерна на поверхность решета (с учетом параметров вращения) до  $8 \text{ кг} / (\text{м} \cdot \text{с}^2)$  подача зерна увеличивается от 0,15 до 8,5 кг/ч.

**Ключевые слова:** зерновая частица, центробежное решето, сепарация, математическая модель, движение по решету, планетарное вращение.

Эффективность послеуборочной обработки зерна в значительной степени определяется показателями машин предварительной очистки. Особенность предварительной очистки – высокая интенсивность технологического процесса и изменчивость технологических свойств обрабатываемого зернового вороха. Один из эффективных способов очистки зернового вороха – применение сложных инерционно-гравитационных силовых полей, реализованных в горизонтальных цилиндрических решетах, совершающих планетарное вращение. Для просеивания мелких частиц при сепарации зерна частица должна контактировать с поверхностью решета, находиться над

отверстием, занять относительно его строго определенное положение, чтобы попасть в данное отверстие. Размер частиц должен быть меньше рабочего размера отверстия, а время нахождения частицы над отверстием – достаточным для выделения в него. Интенсификация выполнения перечисленных условий, необходимых для протекания процесса сепарации, является актуальной задачей [1–3].

Для уменьшения времени прохода зерна сквозь отверстия сепарирующей поверхности и, следовательно, увеличения производительности решета, возникла необходимость получить законы относительного движения зерновых частиц в отверстие решета, совер-

шающего планетарное вращение, в зависимости от его физико-механических свойств и конструктивно-кинематических параметров центробежного сепаратора.

Цель работы – разработать математическую модель движения зерновых частиц в отверстие решета при сепарировании на цилиндрических решетках с горизонтальной осью, совершающих планетарное вращение.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

При разработке математической модели движения зерна по решетку и просеивания проходовых частиц через отверстия решета используем модель движения отдельной частицы сферической формы с постоянной относительной скоростью по поверхности решета.

При разработке модели приняты допущения:

- мелкие фракции вороха – частицы сферической формы с эквивалентным диаметром;
- решето – абсолютно жесткое тело с шероховатой рабочей поверхностью совершает планетарное движение вокруг горизонтальной оси;
- размер и форма отверстий на решетке одинаковые;
- сопротивление среды пропорционально скорости ( $f(V) = kV$ );
- величина общей центробежной силы  $F_{ц}$  принята постоянной –  $F_{ц} = \text{const}$  [4–6].

Расчетная схема представлена на рис. 1 [2].

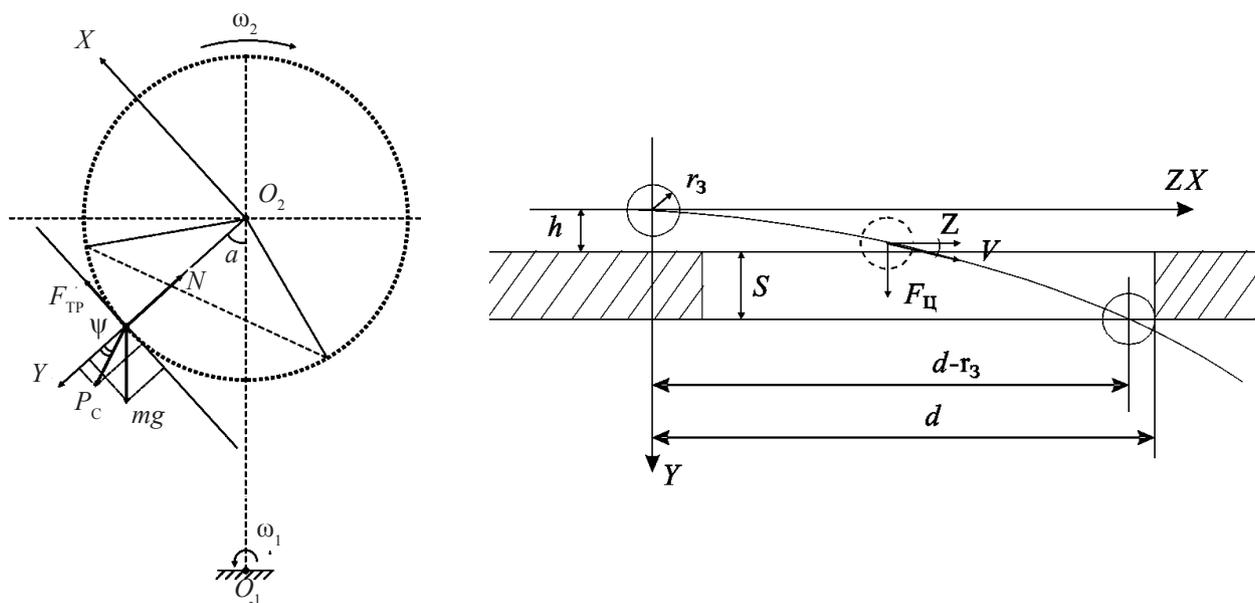


Рис. 1. Расчетная схема движения по решетку и прохождения сферической частицы через отверстие решета

При переходе центра тяжести частицы за край перемычки возможны два варианта движения: безотрывное от перемычки соскальзывание в отверстие и полет частицы над отверстием. При полете всей частицы над отверстием она просеивается или ударяется о противоположный край отверстия. В связи с этим существенное значение имеет скорость прохождения зерновой частицы в отверстие решета [7, 8].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Дифференциальные уравнения движения зерновой частицы в пределах отверстия имеют вид

$$\begin{cases} mz'' = -kV \cdot \cos \beta; \\ my'' = F_0 + kV \cdot \sin \beta, \end{cases} \quad (1)$$

где  $V$  – скорость частицы, м/с;  $\beta$  – угол, образуемый скоростью  $V$  и осью  $OZ$ .

Из уравнения (1) получим

$$\begin{cases} V \cdot \cos \beta = Z'; \\ V \cdot \sin \beta = y', \end{cases} \quad (2)$$

перепишем (1) с учетом (2)

$$\begin{cases} mz'' = -kz'; \\ my'' = F_0 + ky', \end{cases}$$

где

$$F_0 = m(\omega_P - \omega_B)^2 (R_B + R_P \cdot \cos \varphi_P) - mg \cdot \cos \varphi_P;$$

$$\frac{d(mz'' + kz')}{dt} = 0; \tag{3}$$

$$\frac{d(my'' + ky')}{dt} = F_0 = m \left[ (\omega_P - \omega_B)^2 (R_B + R_P \cdot \cos \varphi_P) - g \cdot \cos \varphi_P \right].$$

Примем  $\left[ (\omega_P - \omega_B)^2 (R_B + R_P \cdot \cos \varphi_P) - g \cdot \cos \varphi_P \right] = P$ .

После интегрирования (с условием, что  $F_0 = \text{const}$ ):

$$\begin{aligned} mz' + kz &= c'; \\ my' + ky &= mPt + c'', \end{aligned} \tag{4}$$

где  $c'$  и  $c''$  – постоянные интегрирования.

Если в начале движения (в начале отверстия – исходное положение частицы) при  $t = 0, z_0 = 0, y_0 = 0, z_0 = V_0 = V_z, y'_0 = 0$ , тогда, подставив в (4)

$$\begin{cases} c' = mV_0; \\ c'' = 0, \end{cases} \tag{5}$$

с учетом (5) перепишем уравнение (4)

$$\begin{cases} mz' + kz = mV_0; \\ my' + ky = mPt. \end{cases} \tag{6}$$

Разделяя переменные в уравнении (6) с учетом (3) определим  $t$ :

$$dt = \frac{dz}{V_0 - k_0 z},$$

где  $k_0 = \frac{k}{m}$ . (7)

После интегрирования уравнения (7)

$$t = -\frac{1}{k_0} \ln(V_0 - k_0 z) + c'_2, \tag{8}$$

где  $c'_2$  – постоянная интегрирования.

Поскольку  $t = 0, z_0 = 0$ , тогда  $c'_2 = \frac{1}{k_0} \ln V_0$ . Уравнение (8) после преобразования примет вид

$$\begin{aligned} t &= \frac{1}{k_0} \ln \frac{V_0}{V_0 - k_0 z}, \\ \text{или } \frac{V_0}{V_0 - k_0 z} &= e^{k_0 t}, \\ \text{отсюда } z &= \frac{1}{k_0} \frac{V_0 (e^{k_0 t} - 1)}{e^{k_0 t}}. \end{aligned} \tag{9}$$

Запишем второе уравнение (6)  $my' + ky = mPt$ , поделим на  $m$  ( $P^1 = mP$ ):

$$y' + k_0y = Pt$$

Это уравнение решим методом замены  $y = uV$ :

$$u'V + uV' + k_0uV = Pt \text{ при } P = \text{const};$$

$$V' + k_0V = 0;$$

$$\frac{dV}{dt} = -k_0V; V = e^{-k_0t}; u'e^{-k_0t} = Pt;$$

$$du = Pt \frac{1}{k_0} e^{k_0t} - \frac{P}{k_0} \int e^{k_0t} dt; \quad (10)$$

$$u = \frac{Pt}{k_0} e^{k_0t} - \frac{P}{k_0^2} e^{k_0t} + c_2''.$$

С учетом того, что  $y = uV$ , общее решение уравнения (10) имеет вид

$$y = \frac{Pt}{k_0} - \frac{P}{k_0^2} + c_2'' \cdot e^{-k_0t}, \quad (11)$$

где  $c_2''$  – постоянная интегрирования при начальных условиях  $t = 0, y_0 = 0$ , тогда

$$c_2'' = \frac{P}{k_0^2}.$$

Подставим значение  $c_2''$  в (11), получим

$$y = \frac{Pt}{k_0} - \frac{P}{k_0^2} + \frac{P}{k_0^2} e^{-k_0t}, \text{ или } y = \frac{P}{k_0} \left( t + \frac{1}{k_0} e^{-k_0t} \right) - \frac{P}{k_0^2}. \quad (12)$$

Уравнение траектории зерновки в декартовой системе координат  $OYZ$  получим, подставив значение  $t$  (8) в уравнение (12):

$$y = \frac{P}{k_0} \left[ \frac{1}{k_0} \ln \frac{V_0}{V_0 - k_0z} - \frac{1}{k_0} e^{-k_0 \frac{1}{k_0} \ln \frac{V_0}{V_0 - k_0z}} \right] - \frac{P}{k_0^2} = \frac{P}{k_0} \left[ \ln \frac{V_0}{V_0 - k_0z} - \frac{V_0 - k_0z V_0}{V_0} \right] - \frac{P}{k_0^2}. \quad (13)$$

Определим из рис. 1  $Z = d - r_3, Y = (h_{\min} = r_3)$  условие прохода зерновой частицы сквозь отверстие решета. Максимальную высоту положения зерновой частицы над поверхностью решета, когда она успеет пройти сквозь отверстие, определим из (13):

$$h_{\max} = \frac{\left[ (\omega_P - \omega_B)^2 (R_B + R_P \cdot \cos \varphi_P) - g \cdot \cos \varphi_P \right]}{k_n} \left[ \ln \frac{V_0}{V_n - k_n(d - r_2)} - \frac{V_{0Y} - k_0(d - r_3)}{V_{0Y}} \right] - \frac{\left[ (\omega_P - \omega_B)^2 (R_B + R_P \cdot \cos \varphi_P) - g \cdot \cos \varphi_P \right]}{k_0^2} - S, \quad (14)$$

где  $S$  – толщина полотна решета;  $k_0$  – коэффициент сопротивления среды –  $k_0 = \frac{k}{m}$ .

Скорость движения зерновой частицы при проходе сквозь отверстие решета запишем в виде

$$V = \sqrt{V_{ZX}^2 + V_Y^2} \text{ из (5) и (7) } V_Z = z' = \left( \frac{V_0}{k_0} - \frac{V_0}{k_0} e^{-k_0 t} \right)' = V_0 e^{-k_0 t},$$

где  $V_Y = \omega_p R_p$ , так как зерно перемещается по поверхности по спирали под углом  $\alpha$ .  
Тогда скорость в плоскости ZX

$$V_{XZ} = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2} = \sqrt{V_0^2 e^{-2k_0 t} + (R_p \omega_p)^2};$$

$$V_Y = y' = \frac{P}{k_0} (1 - e^{-k_0 t}) = \frac{[(\omega_p - \omega_B)^2 (R_B + R_p \cdot \cos \varphi_p) - g \cdot \cos \varphi_p] (1 - e^{-k_0 t})}{k_0};$$

$$V = \sqrt{V_0^2 e^{-2k_0 t} + (R_p \omega_p)^2 + \frac{P^2}{k_0^2} (1 - e^{-k_0 t})^2} = \tag{15}$$

$$\sqrt{V_0^2 e^{-2k_0 t} + (R_p \omega_p)^2 + \frac{[(\omega_p - \omega_B)^2 (R_B + R_p \cdot \cos \varphi_p) - g \cdot \cos \varphi_p]^2 (1 - e^{-k_0 t})^2}{k_0^2}}.$$

Для определения характера изменения скорости при перемещении зерновки используем уравнение окружности  $x^2 + y^2 = R^2$ .

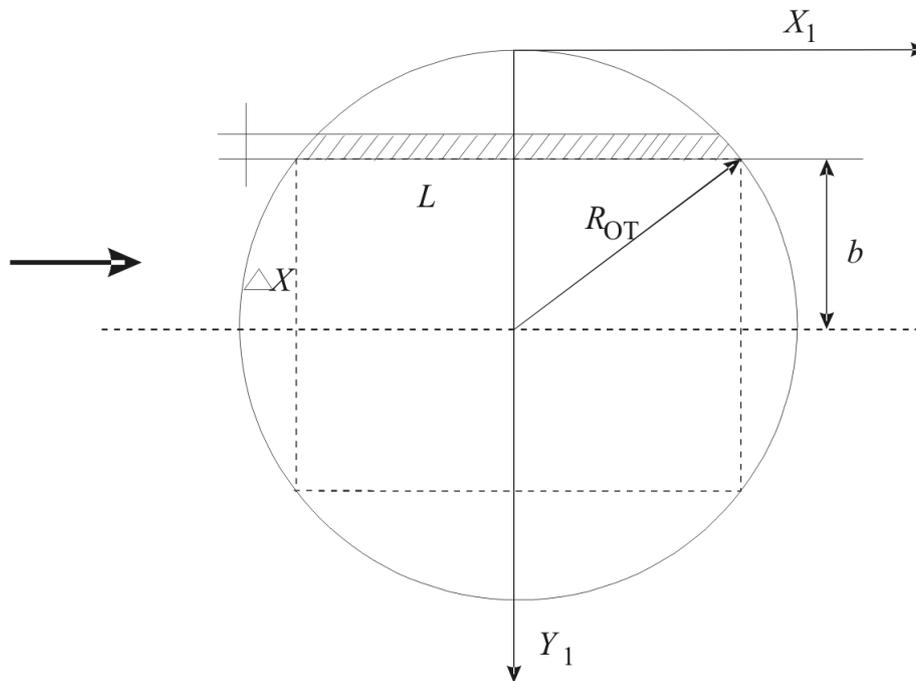


Рис. 2. Отверстие решета

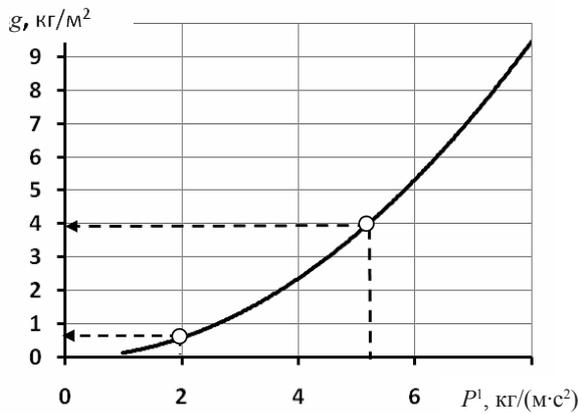


Рис. 3. Влияние давления зернового слоя на удельную просеваемость отверстия решета

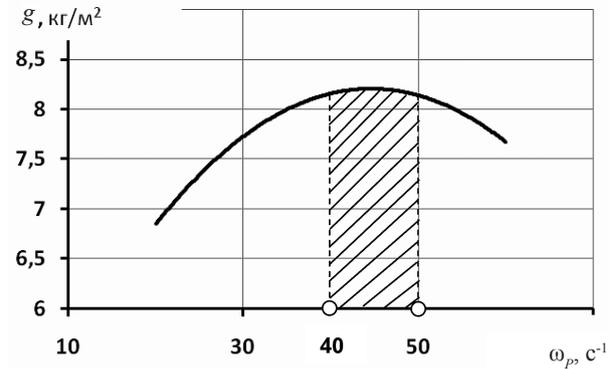


Рис. 4. Влияние частоты вращения решета на удельную просеваемость отверстия решета

Для прохождения зерновки в круглое отверстие при выделении крупных примесей необходимо учитывать ее положение над отверстием, длина которого ( $L$ ) при различном положении поперечного сечения различна, т.е. переменна [9, 10]).

С учетом размеров зерновой частицы ( $r_3$ ) начало и конец ее движения в отверстие будет происходить со смещением относительно границ отверстия.

Условный радиус отверстия запишем

$$R_Y = (R_{OT} - r_3) = \frac{d_{OTB} - d_3}{2},$$

где  $d_{OTB}$  – диаметр отверстия решета, м;  $d_3$  – диаметр зерновой частицы, м.

Выделим малый участок отверстия решета  $\Delta y = d$  и рассмотрим его движение вдоль оси  $OY_1$ . Длину участка  $L$  получим

$$L = 2(R_{OT} - \Delta x),$$

где  $\Delta x$  – путь, пройденный частицей от начала отверстия до выбранного сечения. Выразим  $\Delta x$  через время  $t$ . С учетом того, что перемещение поверхности решета (его вращение) определяется выражением  $\omega_p R_0 t$ ,

$$L = 2(R_{OT} - \Delta x) = 2(R_{OT} - \omega_p R_0 \frac{t}{2}). \tag{16}$$

Ширина сечения определится из выражения

$$b = \sqrt{R_Y^2 - L^2};$$

$$2b = \sqrt{4R_Y^2 - L^2} = \sqrt{4R_Y^2 - 4(R_Y - R_0 \frac{\omega_p t}{2})^2} = 2\sqrt{R_Y R_0 \omega_p t - R_0^2 \frac{\omega_p^2 t^2}{4}}.$$

Максимальное время ( $c$ ) контакта частицы с отверстием

$$t = \frac{L}{V} = \frac{(d_{OTB} - d_3)}{R_0 t}$$

с учетом  $R_Y$  запишем

$$t = \frac{2(R_Y - R_0 \frac{\omega_p t}{2})}{R_0 \omega_p} = \frac{2R_Y}{R_0 \omega_p} - \frac{1}{2} = \frac{4R_Y}{3R_0 \omega_p}. \tag{17}$$

Подачу зерна при сепарации зерновок сквозь одно отверстие за время  $t$  получим из выражения

$$g_{OT} = \int_{t_0}^{t_1} h \cdot b \cdot \rho \cdot k_{II}, \tag{18}$$

где  $h$  – максимальная высота перемещения зерновой частицы по оси  $OY$ ;  $b$  – ширина сечения отверстия решета, м;  $\rho$  – удельная плотность (масса) зерна,  $\text{кг/м}^3$ ;  $k_{II}$  – коэффициент подачи (подпора) зерновых частиц на отверстие.

$$g_{от} = \int_{t_0}^{t_1} \left[ 2\sqrt{R_y R_0 \omega_p t - R_0^2 \frac{\omega_p^2 t^2}{4}} \cdot \left( \frac{P}{k_0} \left( \ln \frac{V_0}{V_0 - k_0(d - r_3)} - \frac{V_{0Y} - k_0(d - r_3)}{V_{0Y}} \right) \frac{P}{k_0^2} - S \right) \cdot \rho \cdot k_{II} \right] dt. \quad (19)$$

Определен характер изменения скорости при перемещении зерновки над отверстием. Из рис. 3 вытекает, что с увеличением общего давления зерна на поверхность решета (с учетом параметров вращения) до  $8 \text{ кг/(м} \cdot \text{с}^2)$  подача зерна увеличивается от  $0,15$  до  $8,5 \text{ кг/ч}$ . Следовательно, интенсивность сепарации по длине решета будет различная, достигая максимальных значений в начале решета, где наибольший зерновой слой.

Таким образом, система уравнений (14) – (19) описывает движение частицы зернового материала в отверстие решета, планетарно вращающейся вокруг горизонтальной оси с постоянной угловой скоростью  $\omega_p$ . Эта система связывает конструктивные и кинематические параметры решета с физико-механическими свойствами зерна и может служить математической моделью при исследовании процесса центробежного сепарирования зерновых материалов и выборе оптимальных параметров сепараторов. Максимальная подача зерна при сепарации зерновок сквозь одно отверстие достигается при частоте вращения решета  $\omega_p = 40\text{--}50 \text{ с}^{-1}$ .

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Чепурин Г.Е., Иванов Н.М.** Научно-техническое обеспечение аграрного комплекса Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2014. – № 5. – С. 93–100.
2. **Докин Б.Д., Иванов Н.М., Ёлкин О. В., Блынский Ю.Н., Мартынова В.Л.** Методические подходы к выбору технологий и технических средств при производстве зерна в условиях Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2016. – № 2. – С. 105–109.
3. **Иванов Н.М., Торопов В.Р., Сухопаров А. А.** Предварительная очистка зерна в цилиндрическом колосовом решете с винтовым распределителем: материалы междунар. науч.-техн. конф. (Москва, 17–18 сентября 2013 г.). – М., 2013. – Ч. 2. – С. 86–88.

4. **Пат. № 2274500** (Российская Федерация) Центробежный решетный сепаратор / Н.М. Иванов, В.Р. Торопов, С.Е. Захаров; заявл. 04.06.2004; опубл. 20.04.2006.
5. **Дринча В.М.** Исследования вибросепараторов с плоскими цилиндрическими деками // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 2001. – № 5. – С. 6–10.
6. **Торопов В.Р.** Исследование технологического процесса планетарного решетного сепаратора зерна с целью определения его параметров и режимов работы: дис. ... канд. техн. наук. – Омск, 1974. – 157 с.
7. **Фетисов П.А.** Движение материальной частицы в цилиндре центробежной сортировки // Тр. Омского с.-х. ин-та. – 1968. – Т. 78. – С. 26–29.
8. **Черняков В.И.** Обоснование технологической схемы, конструктивных параметров и режимов работы планетарного триера: дис. ... канд. техн. наук. – Омск, 1974. – 212 с.
9. **Иванов Н.М.** Параметры движения зерна по делительному решету // Совершенствование технологии и технических средств послеуборочной обработки зерна: сб. науч. тр. СибИМЭ. – Новосибирск, 1990. – С. 44–48.
10. **Резниченко М.Я** Вопросы теории цилиндрических барабанов зерноочистительных машин // ЦБТИ ВИСХОМ. – 1958. – Вып. 18. – 56 с.

#### REFERENCES

1. **Chepurin G.E., Ivanov N.M.** Nauchno-tekhnicheskoe obespechenie agrarnogo kompleksa Sibiri // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2014. – № 5. – S. 93–100.
2. **Dokin B.D., Ivanov N.M., Elkin O.V., Blynskii Yu.N., Martynova V.L.** Metodicheskie podkhody k vyboru tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv, pri proizvodstve zerna v usloviyakh Sibiri // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2016. – № 2. – S. 105–109.
3. **Ivanov N.M., Toropov V.R., Sukhoparov A. A.** Predvaritel'naya ochestka zerna v tsi-

- lindricheskom kolosovom reshete s vintovym raspredelitelem: materialy mezhdunar. nauch.-tekhnich. konf. (Moskva, 17–18 sentyabrya 2013 g.). – M., 2013. – Ch. 2. – S. 86–88.
4. **Pat.** № 2274500 (Rossiiskaya Federatsiya) Tsentrobezchnyi reshetnyi separator / N.M. Ivanov, V.R. Toropov, S.E. Zakharov; zayavl. 04.06.2004; opubl. 20.04.2006.
  5. **Drincha V.M.** Issledovaniya vibroseparatorov s ploskimi tsilindricheskimi dekami // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel. khoz-va.* – 2001. – № 5. – S. 6–10.
  6. **Toropov V.R.** Issledovanie tekhnologicheskogo protsessa planetarnogo reshetnogo separatora zerna s tsel'yu opredeleniya ego parametrov i rezhimov raboty: dis. ... kand. tekhn. nauk. – Omsk, 1974. – 157 s.
  7. **Fetisov P.A.** Dvizhenie material'noi chastitsy v tsilindre tsentrobezchnoi sortirovki // *Tr. Omskogo s.-kh. in-ta.* – 1968. – T. 78. – S. 26–29.
  8. **Chernyakov V.I.** Obosnovanie tekhnologicheskoi skhemy, konstruktivnykh parametrov i rezhimov raboty planetarnogo triera: dis. ... kand. tekhn. nauk. – Omsk, 1974. – 212 s.
  9. **Ivanov N.M.** Parametry dvizheniya zerna po delitel'nomu reshetu // *Sovershenstvovanie tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv posleurobochnoi obrabotki zerna: sb. nauch. tr. SibIME.* – Novosibirsk, 1990. – S. 44–48.
  10. **Reznichenko M.Ya** Voprosy teorii tsilindricheskikh barabanov zernoochistitel'nykh mashin // *TsBTI VISKhOM.* – 1958. – Vyp. 8. – 56 s.

## EVALUATING GRAIN FEED AT SEPARATION BY PLANETARY CYLINDRICAL SIEVE WITH ROUND HOLES

**N.M. IVANOV<sup>1</sup>, Doctor of Science in Engineering, Head,  
I.YA. FEDORENKO<sup>2</sup>, Doctor of Science in Engineering, Chair Holder,  
S.E. ZAKHAROV<sup>1</sup>, Researcher,**

**A.A. SUKHOPAROV<sup>1</sup>, Candidate of Science in Engineering, Senior Researcher**  
*<sup>1</sup>Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, SFSCA RAS  
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia*

*e-mail: sibime@ngs.ru*

*<sup>2</sup>Altai State Agrarian University*

*98, Krasnoarmeiskiy Ave, Barnaul, Altai Territory, 656049, Russia*

*e-mail: ijfedorenko@mail.ru*

There has been developed a mathematical model of the motion of grain particles, when they are sifted into the holes of the cylindrical sieve, making planetary rotation. The differential equations for the motion of a grain particle into the hole of the sieve have been obtained that take into consideration the design and mode parameters of the sieve, the velocity of a particle moving on the separating surface. The conditions for a grain particle to pass into the sieve hole were determined taking into account its maximum position above the sieve surface. There were identified major dependencies of the passage of long particles into the round holes on design, kinematic and technological parameters of the separation process on the cylindrical planetary sieves. The maximum flow of grains when sifted through one hole is achieved at 450 rpm of the sieve. The pattern of change in the velocity of a particle moving above the hole was determined. As the total pressure of the grains on the sieve surface (including rotation) increases up to 8 kg/(m · c<sup>2</sup>), grain feed increases from 0.15 to 8.5 kg/h.

**Keywords:** grain particle, centrifugal sieve, separation, mathematical model, movement along the sieve, planetary rotation.

*Поступила в редакцию 13.09.2016*



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-10

УДК 631.362.33

## ВЫДЕЛЕНИЕ СОЛОМИСТЫХ ПРИМЕСЕЙ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ РЕШЕТОМ

**В.А. САБАШКИН**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,  
**А.А. СУХОПАРОВ**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
**В.А. СИНИЦЫН**, старший научный сотрудник,  
**С.Е. ЗАХАРОВ**, научный сотрудник

*Сибирский научно-исследовательский институт механизации  
и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН  
630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск  
e-mail: sibime@ngs.ru*

Приведены краткое описание, режимы работы и результаты экспериментальных исследований цилиндрического колосового решета с винтовым распределителем на предварительной очистке зерна. В цилиндрическом решете без распределителя зерновой ворох, увлекаемый вращающейся цилиндрической поверхностью, сосредоточивается в  $\frac{1}{4}$  части окружности решета. При установке распределителя, вращающегося в противоположном направлении относительно решета, зерновой ворох, захватываемый винтовыми лопастями, распределяется до  $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{2}$  части окружности решета. Винтовые лопасти перемещают ворох в осевом направлении, распределяя его по длине решета. Увеличивается площадь контакта вороха с поверхностью цилиндрического решета, уменьшается толщина слоя вороха, повышается вероятность прохождения зерна через слой вороха и отверстия решета и возрастает производительность на единицу площади рабочей поверхности. Наклон решета в сторону подачи позволяет регулировать скорость перемещения вороха при помощи распределителя. Установка винтового распределителя в колосовом решете позволяет повысить подачу зернового вороха в 1,2–1,6 раза при допустимом уровне потерь зерна и полноте выделения соломистых примесей выше 70 %. Частота вращения распределителя 30 об./мин предпочтительнее, чем 40 об./мин, так как при этом уровень потерь зерна при одинаковой подаче зернового вороха значительно ниже, а полнота выделения крупных примесей при допустимых потерях зерна выше. Составное цилиндрическое решето, выполненное на 75 % по длине с отверстиями диаметром 10 мм и на 25 % – с отверстиями диаметром 6 мм, увеличивает полноту выделения соломистых примесей на 10,5 %.

**Ключевые слова:** зерновой ворох, предварительная очистка, цилиндрическое решето, винтовой распределитель, крупные примеси.

Зерновой ворох, поступающий с полей в период уборки, содержит в своем составе крупные примеси (колоски, частицы соломы, стебли других растений, комочки земли) и мелкие (семена сорных растений, песок, пыль). Их количественный состав зависит от состояния полей, вида и настройки уборочной техники, погодных условий, организационных факторов. Данные примеси обычно имеют высокую влажность, которая

может достигнуть 50–80 %. Зерно с самого начала нахождения его с примесями в одной массе начинает поглощать часть влаги данных примесей, поэтому в первые же сутки могут возникнуть очаги самосогревания [1]. В связи с этим зерновой ворох необходимо сразу после уборки подвергнуть предварительной очистке от посторонних примесей. Особенно данное условие актуально для Сибири, где уборочный период характери-

зуются частым выпадением осадков, высокой влажностью и падением температуры воздуха [2, 3]. В результате предварительной очистки при удалении крупных примесей средняя влажность зерновой массы может понизиться на 1–6 % и более [1]. Кроме частичного удаления влаги предварительная очистка увеличивает сыпучесть зерновой массы. Облегчаются последующие процессы сушки и очистки, повышается устойчивость зерна к самосогреванию при временном хранении [4, 5].

В силу того что очистка зерна тесно связана с процессом уборки, машины предварительной очистки должны быть простыми и надежными по своей конструкции. Одним из эффективных направлений совершенствования подобных машин является использование в них цилиндрических решет [6]. По сравнению с плоскими они обладают рядом преимуществ: не требуют уравнивания, отличаются плавностью движения и простым приводом. Однако имеется недостаток, который сдерживает широкое внедрение цилиндрических решет, – низкая производительность на единицу площади рабочей поверхности [7, 8]. Для повышения производительности машин с цилиндрическим решето нами предложено принудительно распределять зерновой ворох по решетной поверхности винтовым распределителем, вращая его в сторону, противоположную вращению решета, а само решето наклонить в сторону подачи [9].

Суть предложенного заключается в том, что если в цилиндрическом решете без распределителя зерновой ворох, увлекаемый вращающейся цилиндрической поверхностью, сосредотачивается в 1/4 части окружности решета [7, 8], то при установке распределителя, вращающегося в противоположном направлении относительно решета, зерновой ворох, захватываемый винтовыми лопастями, распределяется до 1/3–1/2 части окружности решета. Кроме того, винтовые лопасти перемещают ворох в осевом направлении, распределяя его по длине решета. Таким образом, увеличивается площадь контакта вороха с поверхнос-

тью цилиндрического решета, уменьшается толщина слоя вороха, увеличивается вероятность прохождения зерна через слой вороха и отверстия решета и, как следствие, возрастает производительность на единицу площади рабочей поверхности. Наклон решета в сторону подачи позволяет регулировать скорость перемещения вороха при помощи распределителя.

Цель исследований – оценить качество работы цилиндрического решета с винтовым распределителем при выделении крупных соломистых примесей в процессе предварительной очистки зернового вороха.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Схема экспериментальной установки с цилиндрической сепарирующей поверхностью и винтовым распределителем зерна представлена на рис. 1, а.

Рабочий процесс в установке происходит следующим образом (рис. 2, б): зерновой ворох из бункера при открытии шиберной заслонки рычагом по загрузочному лотку поступает во вращающееся цилиндрическое решето. Под воздействием вращающейся цилиндрической поверхности и лопастей винтового распределителя, вращающегося в противоположную сторону относительно решета, ворох распределяется по окружности решета и далее этими же лопастями перемещается вдоль решета. При перемещении вороха, зерна основного растения и мелкие примеси, размер которых меньше размера отверстий решета, проходят сквозь отверстия, попадают по лотку в сборную емкость для зерна. Крупные примеси, размер которых больше размера отверстий, витками распределителя транспортируются из решета в сборник. Застрявшие в отверстиях компоненты вороха очищаются щеткой, неподвижно закрепленной на раме. Частоты вращения цилиндрического решета и распределителя регулируются за счет изменения оборотов электродвигателей соответствующих приводов частотными преобразователями электрического тока. Путем изменения длины опор рамы при по-

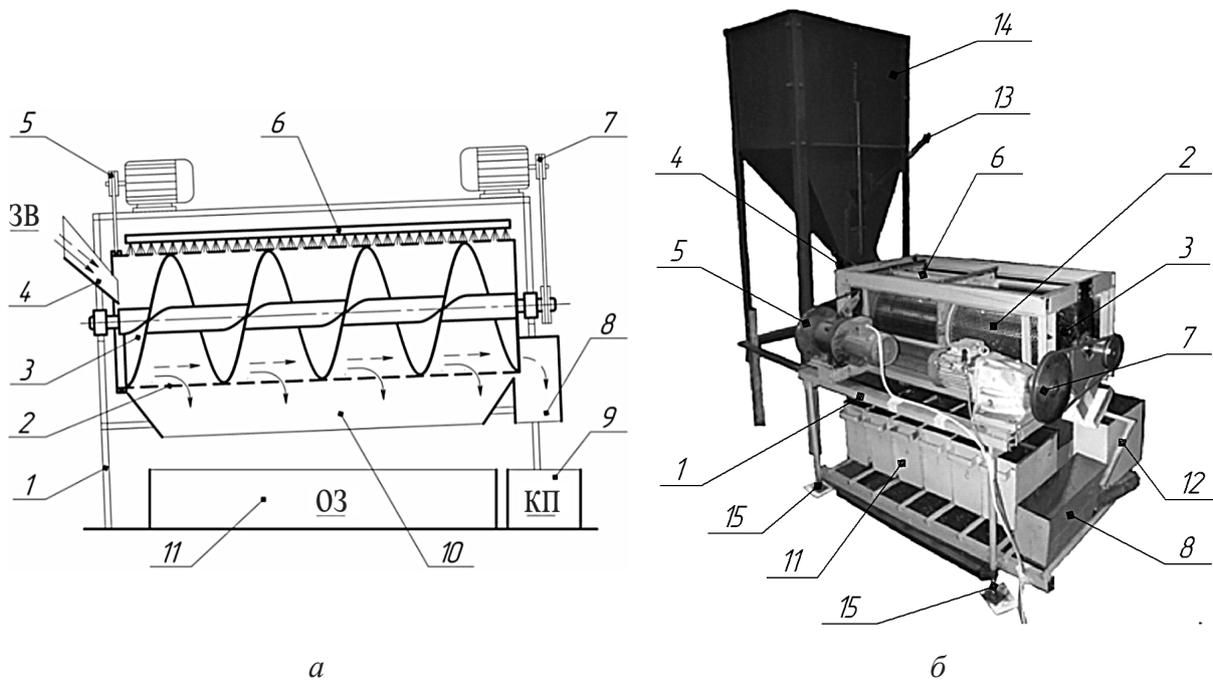


Рис. 1. Экспериментальная установка с цилиндрическим решето:

*а* – общая схема; *б* – общий вид:

1 – рама; 2 – цилиндрическое решето; 3 – винтовой распределитель; 4 – загрузочный лоток; 5 – привод цилиндрического решета; 6 – щетка для очистки решета; 7 – привод винтового распределителя; 8 – лоток для вывода сходовой фракции; 9 – емкость для сбора сходовой фракции; 10 – лоток для вывода проходовой фракции; 11 – емкость для сбора проходовой фракции; 12 – устройство для отсечки потоков фракций; 13 – рычаг открытия задвижки бункера; 14 – бункер; 15 – регулировочные винты; ЗВ – зерновой ворох, ОЗ – обработанное зерно, КП – крупные примеси

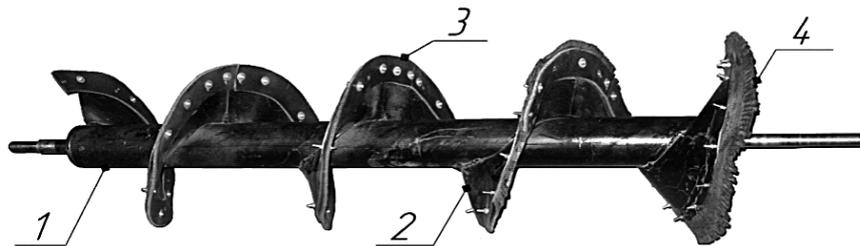


Рис. 2. Винтовой распределитель:

1 – вал; 2 – винт; 3 – накладка из прорезиненной ткани; 4 – накладка щеточная

мощи регулировочных винтов изменяется угол установки цилиндрического решета. Устройство для отсечки потоков фракций используется при проведении опытов для отсечки потоков по времени. Винтовой распределитель (рис. 2.) имеет накладку из прорезиненной ткани и щеточную накладку. Щеточная накладка, установленная в конечной части винтового распределителя, способствует более полному выводу крупных примесей из решета.

Для оценки качества работы цилиндрического колосового решета с винтовым распределителем при выделении крупных соломистых примесей проведены экспериментальные исследования как с установкой винтового распределителя, так и без него.

Ранее проведенные исследования [10, 11] показали, что без установки распределителя рациональная работа решета с допустимым уровнем потерь зерна обеспечивается при угле наклона решета к его концу не более 1 град. и частоте вращения решета

не выше 40 об./мин, при установке винтового распределителя – при угле наклона цилиндрического решета в сторону начала решета 3 град. и частоте вращения решета 65 об./мин. В экспериментах угол наклона решета и частота его вращения устанавливали в этих пределах. Для выбора частоты вращения распределителя проведены оценочные опыты с использованием видеосъемки при частоте вращения распределителя 30, 40, 50, 60 об./мин. На основе анализа оценочных опытов для проведения дальнейших экспериментов выбраны частоты вращения винтового распределителя 30 и 40 об./мин как наиболее приемлемые.

Эксперименты проводили на зерновом ворохе пшеницы с содержанием соломистых примесей 0,1 %, аналогичном вороху, поступающему на предварительную очистку. Соломистые примеси при повторных пропусках через сепарирующие устройства измельчаются, изменяя свои геометрические характеристики, поэтому они были заменены деревянными брусочками длиной 40 мм с квадратным сечением со стороной квадрата 2 мм.

Опыты осуществляли в следующей последовательности: подготавливали исходный зерновой ворох; очищали и устанавливали емкости для сбора проходových и сходовых фракций; включали электродвигатели, устанавливали при помощи частотных преобразователей электрического тока требуемые значения частот вращения цилиндрического решета и винтового распределителя; после выхода установки на холостом ходу в установившийся режим открывали на необходимую величину подачи вороха шиберную заслонку бункера. Далее при установившемся рабочем режиме установки производили отсечку по времени потоков проходовой и сходовой фракций, которые направлялись в соответствующие сборные емкости. После осуществления процесса сепарирования производили анализ и взвешивание проходовой и сходовой фракций. Все серии опытов осуществляли при различных подачах зернового вороха.

При каждом опыте определяли полноту выделения крупных соломистых примесей и потери зерна сходом с решета.

Полноту выделения крупных примесей вычисляли по формуле

$$e = \frac{100 Q_{\text{кк}}}{(Q_{\text{кк}} + Q_{\text{кп}})}, \quad (1)$$

где  $e$  – полнота выделения крупных примесей, %;  $Q_{\text{кк}}$  – масса крупных примесей в сходовой фракции, г;  $Q_{\text{кп}}$  – масса крупных примесей в проходовой фракции, г.

Потери зерна с фракцией крупных примесей вычислялись по формуле

$$s = \frac{100 Q_{\text{зс}}}{(Q_{\text{зс}} + Q_{\text{зп}})}, \quad (2)$$

где  $s$  – потери зерна с фракцией крупных примесей, %;  $Q_{\text{зс}}$  – масса зерна в сходовой фракции крупных примесей, г;  $Q_{\text{зп}}$  – масса зерна в проходовой фракции г.

Результаты опытов представлены в виде графиков функций

$$e = f_1(q); s = F_2(q), \quad (3)$$

где  $q$  – подача зернового вороха, кг/с.

Подачу зернового вороха вычисляли по формуле

$$q = \frac{Q_{\text{зс}} + Q_{\text{зп}} + Q_{\text{кк}} + Q_{\text{кп}}}{1000 t}, \quad (4)$$

где  $t$  – продолжительность опыта, с.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные эксперименты показали, что полнота выделения крупных соломистых примесей без распределителя выше, чем при установке распределителя (рис. 3). Это объясняется тем, что винтовой распределитель, распределяя зерновой ворох по поверхности решета, уменьшает толщину слоя вороха, поэтому вероятность прохода крупных примесей в проходovou фракцию увеличивается, а в сходовую соответственно уменьшается. Увеличение частоты вращения распределителя повышает полноту выделения крупных примесей, так как увеличивается скорость их вывода в сходовую фракцию. При одних и тех же подачах зернового вороха полнота выделения соломистых примесей при частоте вращения 40 об./мин на 5–8 % выше, чем при 30 об./мин. Пол-

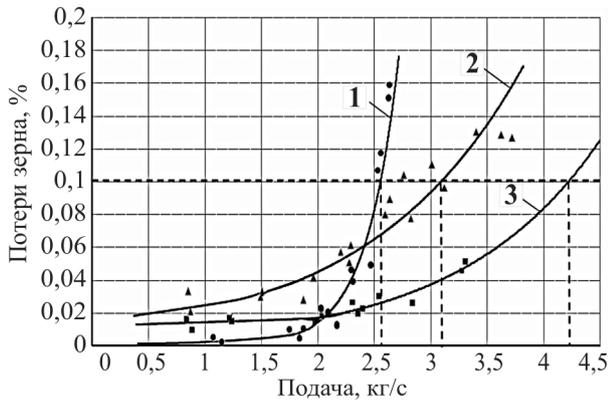


Рис. 3. Изменение количества потерь зерна в зависимости от подачи зернового вороха: 1 – без распределителя, 2 – с распределителем с частотой вращения 40 об./мин, 3 – с распределителем с частотой вращения 30 об./мин

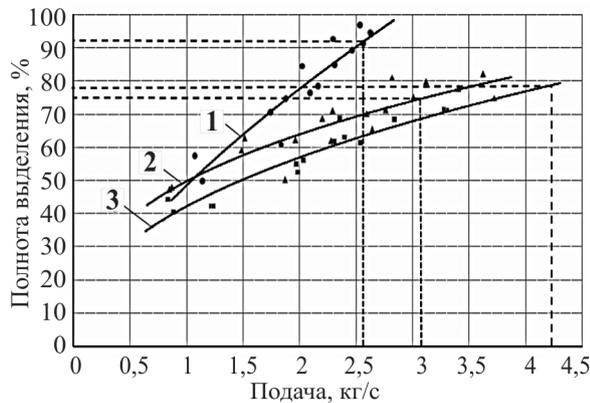


Рис. 4. Изменение полноты выделения соломистых примесей в зависимости от подачи зернового вороха: 1 – без распределителя, 2 – с распределителем с частотой вращения 40 об./мин, 3 – с распределителем с частотой вращения 30 об./мин

нота выделения соломистых примесей без установки распределителя из-за большой толщины слоя вороха на решетке в экспериментах получилась достаточно высокой, однако оценивать качество работы устройств предварительной очистки зернового вороха без учета потерь зерна в сходовую фракцию нельзя. Исходными требованиями на базовые машинные технологические операции в растениеводстве для машин предварительной очистки зерна [12] наряду с полнотой выделения крупных примесей (не

менее 50 %) установлены допустимые потери зерна, которые составляют для решетной части машин предварительной очистки зерна 0,1 %.

Совместный анализ графиков изменения полноты выделения соломистых примесей (рис. 3) и потерь зерна (рис. 4) в зависимости от подачи показал, что при допустимом уровне потерь зерна сходом с решета (0,1 %) подача на решето без распределителя составляет 2,6 кг/с при полноте выделения соломистых примесей 93,3 %, на решето с распределителем, вращающимся с частотой 40 об./мин, – 3,1 кг/с при полноте выделения 74,7 %, на решето с распределителем, вращающимся с частотой 30 об./мин, – 4,2 кг/с при полноте выделения 78,8 %.

Учитывая, что полнота выделения крупных примесей по исходным требованиям на базовые машинные технологические операции в растениеводстве для машин предварительной очистки зерна должна быть не ниже 50 % [12], можно сделать вывод, что установка винтового распределителя позволяет повысить подачу зернового вороха в 1,2 и 1,6 раза при частоте вращения распределителя соответственно 40 и 30 об./мин.

Наблюдением за процессом сепарации и изучением проходовой фракции установлено, что соломистые примеси попадают в проходную фракцию главным образом в конце решета. На основании этого для увеличения полноты выделения соломистых примесей колосовое решето было выполнено составным. При сохранении общей длины 75 % длина решета имела отверстия диаметром 10 мм, а 25 % – в конце решета отверстия диаметром 6 мм. Опыты проводили аналогично предыдущим при частоте вращения распределителя 30 об./мин. Результаты опытов показали, что полнота выделения соломистых примесей при сепарации на составном решете при одних и тех же подачах значительно выше, чем при решете, полностью имеющем диаметр отверстий 10 мм, однако при этом происходило увеличение потерь зерна (рис. 5, 6). Данный результат объясняется тем, что вероятность

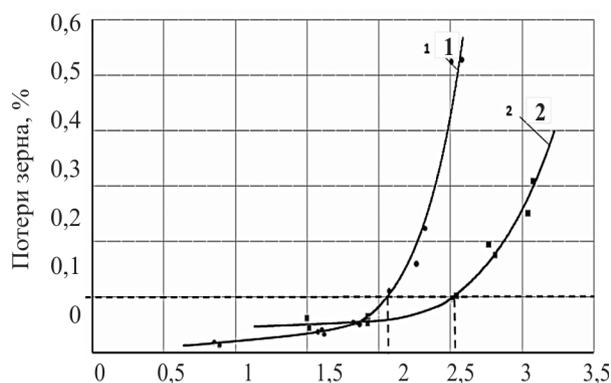


Рис. 5. Изменение потерь зерна в зависимости от подачи зерновой смеси: 1 – без распределителя, 2 – с распределителем

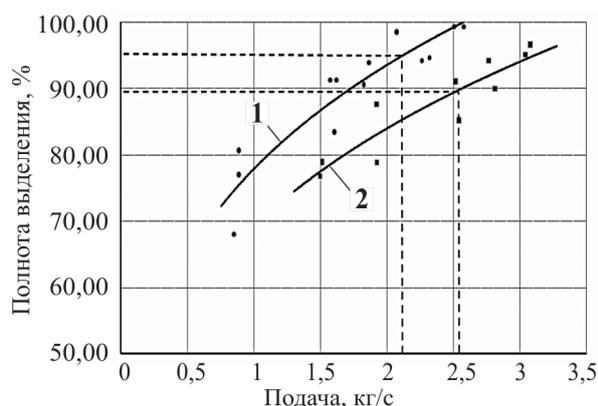


Рис. 6. Изменение полноты выделения соломистых примесей в зависимости от подачи зерновой смеси: 1 – без распределителя, 2 – с распределителем

прохождения зерен через отверстия диаметром 6 мм ниже, чем через отверстия диаметром 10 мм. При допустимом уровне потерь 0,1 % величина подачи зерна без распределителя составила 2,1 кг/с, с распределителем – 2,5 кг/с. При этом полнота выделения соломистых примесей (см. рис. 3) составила соответственно 94,7 и 89,3 %. Установка распределителя в составное цилиндрическое решето позволила повысить подачу зернового вороха в 1,2 раза.

## ВЫВОДЫ

1. Полнота выделения соломистых примесей при допустимом уровне потерь зерна при установке винтового распределителя в цилиндрическое решето превышает 70 %,

что выше полноты выделения, установленного исходными требованиями для машин предварительной очистки зерна. Установка винтового распределителя в цилиндрическое решето позволяет повысить подачу зернового вороха в 1,2–1,6 раза.

2. Рациональной является частота вращения распределителя 30 об./мин, так как при этом достигается максимальная подача зернового вороха при допустимом уровне потерь зерна и высокой полноте выделения соломистых примесей.

3. Цилиндрическое решето, выполненное на 75 % по длине с отверстиями диаметром 10 мм и на 25 % – с отверстиями диаметром 6 мм, увеличивает полноту выделения соломистых примесей на 10,5 %.

4. Дальнейшие исследования необходимо направить на увеличение подачи вороха при допустимом уровне потерь зерна сходом (0,1 %) и обеспечении полноты выделения выше 80 %.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киреев М.В., Григорьев С.М., Ковальчук Ю.К. Послеуборочная обработка зерна в хозяйствах. – Л.: Колос, 1981. – С. 53–59.
2. Максимчук В.К., Сабашкин В.А. Условия послеуборочной обработки зерна в лесостепной зоне Западной Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 1976. – № 2. – С. 95–100.
3. Чепурин Г.Е., Иванов Н.М., Кузнецов А.В. и др. Уборка и послеуборочная обработка зерновых культур в экстремальных условиях Сибири. – М.: Росинформагротех, 2011. – С. 6–21.
4. Обработка и хранение зерна / пер. с нем. А.М. Мазурицкого; под ред. и с предисл. А.Е. Юкиша. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 163–170.
5. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 186–191.
6. Иванов Н.М., Леканов С.В., Стрикунов Н.И. Мобильная техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян. Мобильные зерноочистительные маши-

- ны: учеб.-метод. пособие / под ред. Н.М. Иванова. – Новосибирск. – 2013. – 325 с.
7. **Тиц З.Л., Анискин В.И., Баснакьян Г.А. и др.** Машины для послеуборочной поточной обработки семян: теория и расчет машин, технология и автоматизация процессов. – М.: Машиностроение, 1967. – С. 130–134.
  8. **Кожуховский И.Е.** Зерноочистительные машины. Конструкции, расчет и проектирование; изд. 2-е, перераб. – М.: Машиностроение, 1974. – С. 39–43.
  9. **Пат.** 2489840 РФ. МПК А01F12/44, B07B1/22/ Зерноочистительная машина / Н.М. Иванов, В.Р. Торопов, А.А. Орлов, А.А. Сухопаров, В.А. Синицын, В.И. Николашкин; заявл. 30.03.2012, опубл. 20.08.2013. – Бюл. № 23.
  10. **Иванов Н.М., Торопов В.Р., Сухопаров А.А.** Оценка процесса сепарации зерна в цилиндрическом колосовом решете с винтовым распределителем // Вестн. Алтайского ГАУ. – 2013. – № 6. – С. 88.
  11. **Иванов Н.М., Торопов В.Р., Сухопаров А.А., Синицын В.А.** Результаты испытаний цилиндрического колосового решета с винтовым распределителем на предварительной очистке зерна // Сел. механизатор. – 2013. – № 5. – С. 12–13.
  12. **Исходные** требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. – М.: Росинформагротех, 2005. – С. 131–134.
  3. **Chepurin G.E., Ivanov N.M., Kuznetsov A.V. i dr.** Uborka i posleuborochnaya obrabotka zernovykh kul'tur v ekstremal'nykh usloviyakh Sibiri. – М.: Rosinformagrotekh, 2011. –С. 6–21.
  4. **Obrabotka i khranenie zerna** / per. s nem. A.M. Mazuritskogo; pod red. i s predisl. A.E. Yuki-sha. – М.: Agropromizdat, 1985. – С. 163–170.
  5. **Trisvyatskii L.A.** Khranenie zerna. – 5-e izd., pererab. i dop. – М.; Agropromizdat, 1985. – С. 186–191.
  6. **Ivanov N.M., Lekanov S.V., Strikunov N. I.** Mobil'naya tekhnika i tekhnologii dlya posleuborochnoi obrabotki zerna i semyan. Mobil'nye zernoochistitel'nye mashiny: ucheb.-metod. posobie / pod red. N.M. Ivanova. – Novosibirsk. – 2013. – 325 s.
  7. **Tits Z.L., Aniskin V.I., Basnak'yan G.A. i dr.** Mashiny dlya posleuborochnoi potochnoi obrabotki semyan: teoriya i raschet mashin, tekhnologiya i avtomatizatsiya protsessov. – М.: Mashinostroenie, 1967. – С. 130–134.
  8. **Kozhukhovskii I.E.** Zernoochistitel'nye mashiny. Konstruktsii, raschet i proektirovanie; izd. 2-e, pererab. – М.: Mashinostroenie, 1974. – С. 39–43.
  9. **Pat.** 2489840 RF. МПК А01F12/44, B07B1/22/ Zernoochistitel'naya mashina / N.M. Ivanov, V.R. Toropov, A.A. Orlov, A.A. Sukhoparov, V.A. Sinitsyn, V.I. Nikolashkin; заявл. 30.03.2012, opubl. 20.08.2013. – Byul. № 23.
  10. **Ivanov N.M., Toropov V.R., Sukhoparov A.A.** Otsenka protsessa separatsii zerna v tsilindricheskom kolosovom reshete s vintovym raspredelitelem // Vestn. Altaiskogo GAU. – 2013. – № 6. – С. 88.
  11. **Ivanov N.M., Toropov V.R., Sukhoparov A.A., Sinitsyn V.A.** Rezul'taty ispytaniy tsilindricheskogo kolosovogo resheta s vintovym raspredelitelem na predvaritel'noi ochistke zerna // Sel. mekhanizator. – 2013. – № 5. – С. 12–13.
  12. **Iskhodnye** trebovaniya na bazovye mashinnye tekhnologicheskie operatsii v ras-tenievodstve. – М.: Rosinformagrotekh, 2005. – С. 131–134.

## REFERENCES

1. **Kireev M.V., Grigor'ev S.M., Koval'chuk Yu.K.** Posleuborochnaya obrabotka zerna v khozyaistvakh. – JL.: Kolos, 1981. – С. 53–59.
2. **Maksimchuk V.K., Sabashkin V.A.** Usloviya posleuborochnoi obrabotki zerna v lesostepnoi zone Zapadnoi Sibiri // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 1976. – № 2 – С. 95–100.

## **REMOVING STRAW IMPURITIES FROM GRAIN HEAPS BY CYLINDRICAL SIEVE**

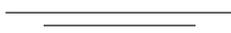
**V.A. SABASHKIN, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher,  
A.A. SUKHOPAROV, Candidate of Science in Engineering, Senior Researcher,  
V.A. SINITSYN, Senior Researcher,  
S.E. ZAKHAROV, Researcher**

*Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, SFSCA RAS  
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia  
e-mail: sibime@ngs.ru*

There is given a brief description, modes of operation and findings of experimental studies on a cylindrical sieve with screw dispenser for grain pre-cleaning. In a cylindrical sieve without dispenser, a grain heap being moved by the rotating cylindrical surface is concentrated in a quarter of the circumference of the sieve. When the dispenser rotating in the opposite direction with respect to the sieve is installed, the grain heap captured by the screw blades is distributed over 1/3 to 1/2 of the circumference of the sieve. The heap is moved by the screw blades in the axial direction, and distributed over the length of the sieve. Thus, contact area between the heap and the surface of the cylindrical sieve increases, the grain heap layer thickness decreases, the probabilities of grains to pass through the layer thickness and the holes of the sieve increase, and performance per unit of the working surface area increases. An inclination of the sieve towards feed makes it possible to control the speed of the heap movement by means of the dispenser. The screw dispenser installed in the sieve allows increasing feed of the grain heap 1.2–1.6 times with the acceptable level of grain losses and removal of straw impurities up to 70 percent. The dispenser rotational speed of 30 rpm is preferable to that of 40 rpm because of much lower grain losses at the same grain feed, and of more complete removal of big impurities at the acceptable grain losses. The cylindrical sieve, made in such a way that its 75 percent have the holes of 10 mm in diameter and 25 percent the holes of 6 mm in diameter, contributes to completeness of removing straw impurities by 10.5 percent.

**Keywords:** grain heap, pre-cleaning, cylindrical sieve, screw dispenser, big impurities.

*Поступила в редакцию 25.08.2017*





DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-11

УДК 631.527:004.4

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ R  
ДЛЯ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ  
В СЕЛЕКЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

**А.Ф. ЧЕШКОВА<sup>1</sup>**, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник,  
**А.Ф. АЛЕЙНИКОВ<sup>1,2</sup>**, доктор технических наук, главный научный сотрудник, профессор,  
**И.Г. ГРЕБЕННИКОВА<sup>1</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,  
**П.И. СТЁПОЧКИН<sup>3</sup>**, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

<sup>1</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН,  
630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск,  
e-mail: anna.cheshkova@sorashn.ru

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет  
630092, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20,  
e-mail: fti2009@yandex.ru

<sup>3</sup>Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции –  
филиал Института цитологии и генетики СО РАН  
630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск,  
e-mail: petstep@ngs.ru

Описан опыт применения программной среды R для дисперсионного анализа данных полевых опытов по изучению мутантных и гибридных форм ярового тритикале. Эксперимент проведен в 2014 г. в Новосибирской области. Изучено семь форм ярового тритикале. Опыт проводили при двух нормах высева (400 и 800 зерен/м<sup>2</sup>) и двух сроках посева (15 и 27 мая) в четырех повторностях методом рандомизированных повторений. Образцы оценивали по 9 признакам, связанным с урожайностью и качеством зерна. На примере данного полевого опыта рассмотрены графические способы анализа структуры данных в программной среде R. Для дисперсионного анализа результатов эксперимента использована трехфакторная линейная модель. Проведена проверка необходимых условий применимости модели с помощью критерия Шапиро – Уилка и теста Левене. Определена достоверность влияния факторов на результирующие признаки. Для выяснения существенности разностей средних значений использовал критерий Тьюки. На основе выбранной модели выполнен сравнительный анализ зерновой продуктивности изучаемых форм ярового тритикале. Мутантные и гибридные формы ярового тритикале в проведенном опыте показали более низкий уровень адаптивности к различным условиям произрастания по сравнению с сортом Укро.

**Ключевые слова:** программная среда R, дисперсионный анализ, селекция, тритикале, сроки посева, плотность посева.

Программная среда R в настоящее время – безусловный лидер среди свободно распространяемых систем статистического анализа. Ведущие университеты мира, аналитики крупнейших компаний и исследовательских центров постоянно используют среду R при проведении научно-технических расчетов и создании крупных информационных проектов [1, 2]. Широкое преподавание статистики на базе пакетов этой

среды и всемерная поддержка научным сообществом обусловили то, что приведение скриптов R постепенно становится общепризнанным стандартом как в публикациях, так и при неформальном общении ученых всего мира [3–10].

Цель работы – рассмотреть возможности программной среды R при проведении дисперсионного анализа данных в селекционных исследованиях на примере полевого опыта по селекции тритикале.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эксперимент проведен в 2014 г. на опытном поле Сибирского федерального научно-го центра агробиотехнологий РАН. Изучали семь форм ярового тритикале:

– три мутантных формы факультативно-го типа развития – Сирс 57/2/4 (С57), Цекад 90/5 (Ц90), О.312/38 (О312);

– три гибрида  $F_5$  – Сирс 57/2/4 × Укро (С × У), Укро × мексиканский образец из мировой коллекции ВИР с номером в каталоге К-3881 (У × К), озимая пшеница Филатовка × озимая рожь Короткостебельная 69 × Сирс 57/2/4 (ФКС);

– яровой сорт Укро из коллекции ВИР с номером в каталоге К-3644.

Опыт проводили при двух нормах высева (400 и 800 зерен/м<sup>2</sup>) и двух сроках посева (15 и 27 мая) в четырех повторностях методом рандомизированных повторений. Образцы оценивали по 9 признакам, связанным с урожайностью и качеством зерна.

Для анализа результатов эксперимента использована трехфакторная модель дисперсионного анализа [11–12]. Соблюдение необходимых условий применимости модели проверяли с помощью критерия Шапиро – Уилка (проверка нормальности распределения остатков) и критерия Левене (проверка гомогенности дисперсий) [13]. Существенность разницы средних определяли по критерию Тьюки [14]. Уровень значимости выбран  $p \leq 0,05$ .

Данные опыта импортировались в R из dbf файла следующей структуры.

### Структура исходных данных

Поле	Значение
SORT1	Сорт тритикале
FACT1	Дата посева
FACT2	Плотность посева
X3	Число продуктивных побегов с делянки
X4	Высота растения, см
X5	Длина колоса, см
X6	Число колосков в колосе
X8	Число зерен в колосе
X9	Вес зерен колоса, г
X11	Масса 1000 зерен, г
X13	Общий вес зерен с делянки, г
X14	Натура зерна (вес 1 л зерен), г

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Перед любыми статистическими расчетами полезно выполнить разведочный анализ данных, используя графические средства. Для этого в программе R существует множество решений [15]. Мы воспользовались стандартной функцией `boxplot()` и функцией `ggplot()` из пакета `ggplot2` для построения групповых диаграмм размаха исследуемых признаков. На диаграмме размахов горизонтальная линия внутри прямоугольника соответствует медиане выборки, верхняя и нижняя границы прямоугольника – это квартили выборки, верхняя и нижняя вертикальные линии – отступы на полторы величины межквартильного расстояния. На рис. 1, 2 приведены примеры диаграммы

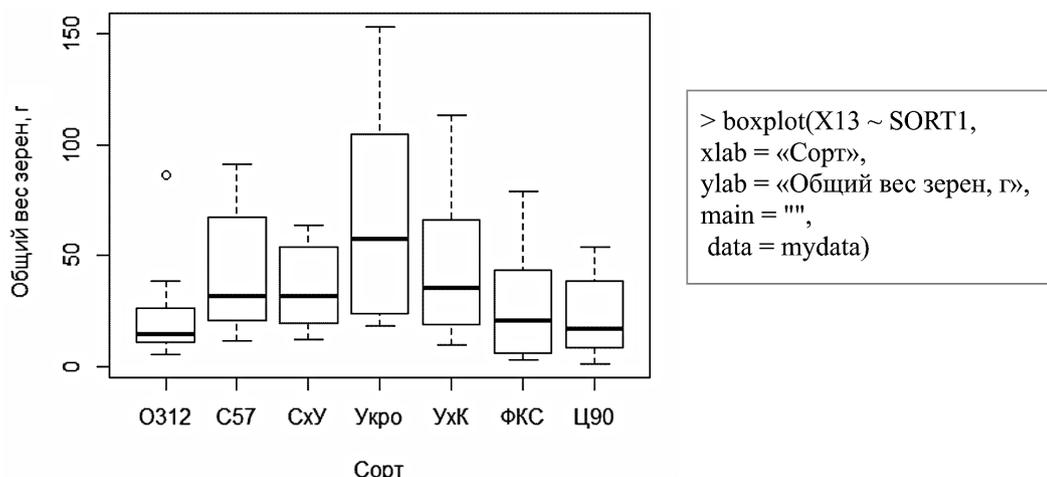


Рис. 1. Групповая диаграмма размахов признака «общий вес зерен» с группировкой по сортообразцам

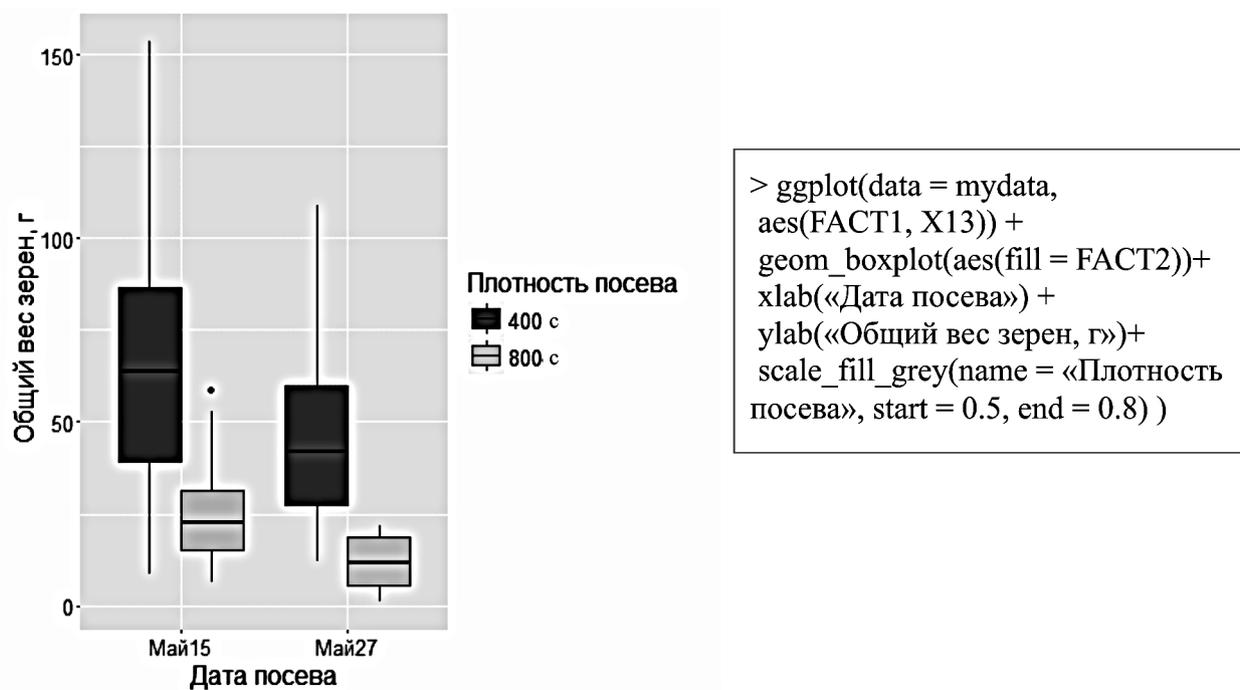


Рис. 2. Групповая диаграмма размахов признака «общий вес зерен» с группировкой по дате и плотности посева

размаха признака «общий вес зерен» с группировкой по сортообразцам и с группировкой по дате и плотности посева.

Чтобы лучше понять анализируемые эффекты, построили графики «план эксперимента» – `plot.design()`. На таком графике отображаются средние значения переменной-отклика в соответствии с каждым уровнем изучаемых факторов (рис. 3).

В результате проведенного разведочного анализа установлено, что сорт Укро пока-

зал наибольшие значения признаков «число продуктивных побегов», «высота растения», «вес зерен колоса», «масса 1000 зерен», «общий вес зерен» и «натура зерна». Признаки «длина колоса», «число колосков в колосе» и «число зерен в колосе» были максимальными у Сирс 57/2/4. Из четырех вариантов опыта наиболее благоприятным для всех признаков, кроме «натуры зерна», был вариант с датой посева 15 мая и плотностью 400 зерен/м<sup>2</sup>. Признак «натура зерна» оказался

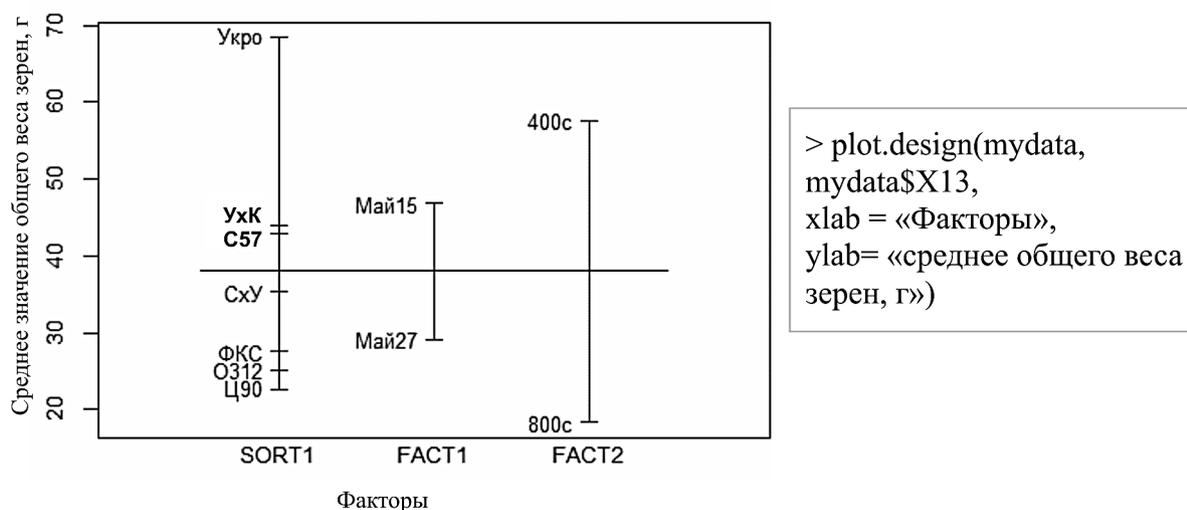


Рис. 3. Средние значения признака «общий вес зерен» с группировкой по сорту, дате и плотности посева

максимальным для варианта с датой посева 15 мая и плотностью 800 зерен/м<sup>2</sup>. Разница в средних значениях признаков обусловлена в большей степени влиянием генотипа растения и плотностью посева.

Чтобы убедиться в достоверности влияния изучаемых факторов на значения признаков и статистической значимости различий групповых средних, необходимо выполнить дисперсионный анализ результатов опыта. Для анализа сбалансированных наборов данных можно применять классический способ разложения общей дисперсии на отдельные составляющие, реализованный в

функции aov(). Однако прежде чем содержательно интерпретировать рассчитанные параметры и выдвигать научные гипотезы на их основе, требуется выполнить проверку адекватности модели.

Важным условием применимости модели дисперсионного анализа является однородность групповых дисперсий. Проверку этого условия мы выполняли с помощью теста Левена – leveneTest(). Если возвращаемое этой функцией *p*-значение меньше, чем выбранный уровень значимости 0,05, то гипотеза равенства дисперсий в группах отвергается (рис. 4).

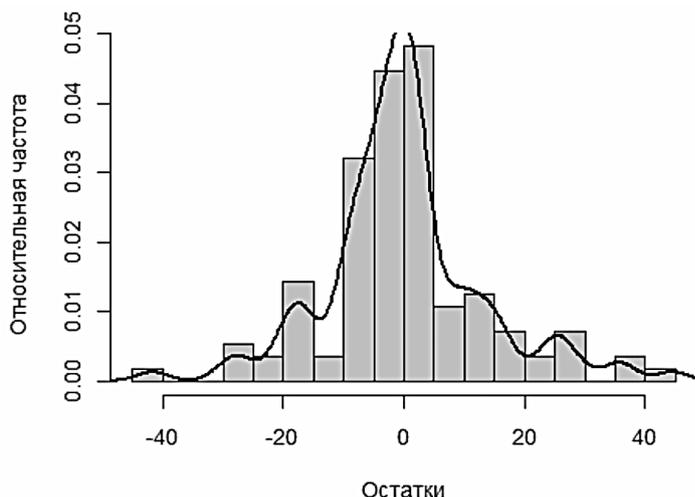
```
> mydata$F1F2S <- factor(paste0(mydata$FACT1,',',mydata$FACT2,',',mydata$SORT1))
> leveneTest(X13~ F1F2S, data=mydata)

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value    Pr(>F)
group 27  3.2488 1.988e-05 ***
      84
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Рис. 4. Проверка однородности дисперсий признака «общий вес зерен»

Второе необходимое условие применимости модели – это нормальность распределения остатков. Визуальную оценку плотности распределения остатков выполняли с помощью гистограммы – hist() (рис. 5).

В качестве формального теста на нормальность распределения остатков использован тест Шапиро – Уилка, реализованный в функции shapiro.test(). Если возвращаемое этой функцией *p*-значение меньше, чем вы-



```
fit <-
aov(X13~SORT1*FACT1*FACT2,
data=mydata)
hist(fit$residuals, freq = FALSE,
breaks = 20, col="grey",
xlab = «Остатки»,
ylab = «Относительная частота»,
main = "")
lines(density(fit$residuals), lwd = 2)
```

Рис. 5. Гистограмма и оценка плотности распределения остатков модели для признака «общий вес зерен»

```
> shapiro.test(fit$residuals)

      Shapiro-wilk normality test

data:  fit$residuals
W = 0.95045, p-value = 0.0003948
```

Рис. 6. Проверка нормальности распределения остатков для признака «общий вес зерен»

бранный уровень значимости 0,05, то гипотеза нормальности распределения отвергается (рис. 6).

В результате проверки адекватности модели для каждого из исследуемых признаков выявлено, что данную модель можно применять только для признаков X6, X8, X9, X14. Признак X11 также удовлетворяет условиям модели, если его предварительно прологарифмировать. Дальнейший анализ проводили только для данных пяти признаков.

Стандартную таблицу дисперсионного анализа в R получали, применяя функцию `summary()` к возвращаемому функцией `aov()` объекту (рис. 7).

Трехфакторный дисперсионный анализ показал существенность влияния всех трех главных факторов на признаки «число колосков в колосе», «число зерен в колосе», «вес зерен колоса» и «масса 1000 зерен». Для признака «натура зерна» существенными оказались только влияние генотипа и плотности посева. Парное взаимодействие *генотип × плотность посева* было значимым для признаков «число колосков в колосе», «масса 1000 зерен» и «натура зерна». Для признака «натура зерна» существенным были также взаимодействия *генотип × дата посева* и *генотип × плотность посева × дата посева*.

```
> fit <- aov(X9~SORT1*FACT1*FACT 2, data=mydata)
> summary(fit)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
SORT1	6	17.695	2.949	13.057	2.22e-10	***
FACT1	1	5.720	5.720	25.323	2.72e-06	***
FACT2	1	18.266	18.266	80.868	6.14e-14	***
SORT1:FACT1	6	1.768	0.295	1.305	0.2641	
SORT1:FACT2	6	2.588	0.431	1.910	0.0886	.
FACT1:FACT2	1	0.235	0.235	1.040	0.3107	
SORT1:FACT1:FACT2	6	1.592	0.265	1.175	0.3277	
Residuals	84	18.973	0.226			

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Рис. 7. Результат дисперсионного анализа для признака «вес зерен колоса»

После установления существенной разницы между группами в целом выполняли апостериорный анализ (post-hoc analysis), т.е. выясняли, какие именно группы статистически значимо отличаются друг от друга. Для этого использовали тест Тьюки – `TukeyHSD()` как наиболее распространенный и рекомендуемый в литературе. В результате его выполнения выводится таблица, в которой в первом столбце перечислены пары сравниваемых значений факто-

ра, во втором – содержатся разности между соответствующими групповыми средними, в третьем и четвертом – значения нижнего и верхнего 95%-х доверительных пределов для соответствующих разностей, пятом – *p*-значения для каждой из сравниваемых пар (рис. 8). Если  $p < 0,5$ , то разница средних существенна.

Результаты парных сравнений групповых средних также анализировали с помощью соответствующих графиков (рис. 9).

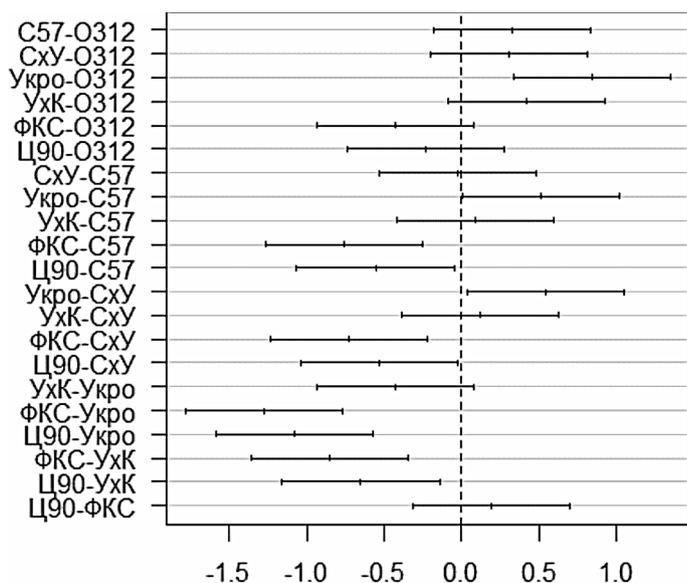
```
> TukeyHSD (aov(X9~SORT1*FACT1*FACT2, data=mydata) )
  Tukey multiple comparisons of means
    95% family-wise confidence level
Fit: aov(formula = x9 ~ SORT1 * FACT1 * FACT2, data = mydata)

$SORT1
      diff      lwr      upr    p adj
C57-0312  0.328750 -0.17885797  0.83635797 0.4497761
CхУ-0312  0.304375 -0.20323297  0.81198297 0.5442461
Укро-0312  0.847500  0.33989203  1.35510797 0.0000521
УхК-0312  0.422500 -0.08510797  0.93010797 0.1674484
ФКС-0312 -0.425000 -0.93260797  0.08260797 0.1622485
Ц90-0312 -0.226875 -0.73448297  0.28073297 0.8260029
CхУ-С57  -0.024375 -0.53198297  0.48323297 0.9999992
Укро-С57  0.518750  0.01114203  1.02635797 0.0418722
УхК-С57  0.093750 -0.41385797  0.60135797 0.9977654
ФКС-С57  -0.753750 -1.26135797 -0.24614203 0.0004441
Ц90-С57  -0.555625 -1.06323297 -0.04801703 0.0226227
Укро-СхУ  0.543125  0.03551703  1.05073297 0.0280064
УхК-СхУ  0.118125 -0.38948297  0.62573297 0.9920816
ФКС-СхУ  -0.729375 -1.23698297 -0.22176703 0.0007556
Ц90-СхУ  -0.531250 -1.03885797 -0.02364203 0.0341494
УхК-Укро -0.425000 -0.93260797  0.08260797 0.1622485
ФКС-Укро -1.272500 -1.78010797 -0.76489203 0.0000000
Ц90-Укро -1.074375 -1.58198297 -0.56676703 0.0000002
ФКС-УхК  -0.847500 -1.35510797 -0.33989203 0.0000521
Ц90-УхК  -0.649375 -1.15698297 -0.14176703 0.0039619
Ц90-ФКС   0.198125 -0.30948297  0.70573297 0.9000781

$FACT1
      diff      lwr      upr    p adj
Май27-Май15 -0.4519643 -0.6305713 -0.2733572 2.7e-06

$FACT2
      diff      lwr      upr    p adj
800с-400с -0.8076786 -0.9862856 -0.6290715 0
```

Рис. 8. Тест Тьюки для признака «вес зерен колоса»



```
fit <-
aov(X9~SORT1*FACT1*FACT2,
data=mydata)
plot(TukeyHSD(fit, «SORT1»),
las=1)
```

Рис. 9. Разница групповых средних для признака «вес зерен колоса»

## ВЫВОДЫ

1. Использование возможностей программной среды R позволило провести разведочный и дисперсионный анализ данных полевого опыта по селекции ярового тритикале.

2. В результате выполненного трехфакторного дисперсионного анализа установлено, что факторы «генотип», «дата посева» и «плотность посева» имели существенное влияние на признаки «число колосков в колосе», «число зерен в колосе», «вес зерен колоса» и «масса 1000 зерен». Для признака «натура зерна» существенными были только влияние факторов «генотип» и «плотность посева».

3. Сорт Укро достоверно превосходил остальные сорта по значениям признаков «вес зерен колоса», «масса 1000 зерен», «натура зерна». Признаки «число колосков в колосе» и «число зерен в колосе» были максимальными у Сирс 57/2/4. Из четырех вариантов опыта наиболее благоприятным для большинства признаков стал вариант с ранней датой сева и разреженными посевами. Однако «натура зерна» оказалась достоверно выше в опыте с загущенными посевами.

4. Классическая модель дисперсионного анализа оказалась неприменима к признакам «число продуктивных побегов», «высота растения», «длина колоса», «общий вес зерен» в связи с неоднородностью дисперсий экспериментальных данных.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Мастицкий С.Э., Шитиков В.К.** Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. – [Электронный ресурс]: URL: <http://r-analytics.blogspot.com>
2. **R Development Core Team.** R: A language and environment for statistical computing. – Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. – [Электронный ресурс]: URL: <http://www.R-project.org/>
3. **Losert D., Maurer H.P., Marulanda J.J., Wьrschum T., Friedt W.** Phenotypic and genotypic analyses of diversity and breeding progress in European triticale (Ч Triticosecale Wittmack) // Plant Breeding. – 2017. – Vol. 136. – P. 18–27.
4. **Kuhling I., Redozubov D., Broll G., Trautz D.** Impact of tillage, seeding rate and seeding depth on soil moisture and dryland spring wheat yield in Western Siberia // Soil & Tillage Research. – 2017. – Vol. 170. – P. 43–52.
5. **Tams S.H., Bauer E., Oettler G., Melchinger A.E.** Genetic diversity in European winter triticale determined with SSR markers and coancestry coefficient. // Theor. Appl. Genet. – 2004. – Vol. 108. – P. 1385–1391.
6. **Алейников А.Ф., Чешкова А.Ф., Гребенникова И.Г., Стёпочкин П.И.** Программные продукты для селекционной оценки сельскохозяйственных культур // Сиб. науч. вестн. – 2013. – № 17. – С. 164–171.
7. **Чешкова А.Ф., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И.** Анализ сопряженной изменчивости количественных признаков тритикале // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 5. – С. 50–52.
8. **Чешкова А.Ф., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И.** Использование программной среды R для разведочного анализа данных в селекционных исследованиях // Информационные технологии, системы и приборы в АПК. «АГРОИНФО-2015»: материалы 6-й Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2015. – С. 182–187.
9. **Чешкова А.Ф., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И.** Использование программной среды R для кластерного анализа данных в селекционных исследованиях // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы 8-й Междунар. науч.-практ. конф. – М.: Росинформагротех, 2016. – С. 468–472.
10. **Чешкова А.Ф., Алейников А.Ф., Стёпочкин П.И.** Применение графических возможностей программной среды R для анализа экспериментальных данных по селекции тритикале // Вычисл. технологии. – 2016. – Т. 21, спецвып. 1. – С. 104–115.
11. **Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д.** Прикладная статистика: Исследование зависимостей: справ. изд. / под ред. С.А. Айвазяна. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 487 с.

12. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
13. **Zuur A.F., Ieno E.N., Elphick C.S.** A protocol for data exploration to avoid common statistical problems // *Methods in Ecology and Evolution*. – 2010. – Vol. 1. – Iss. 1. – P. 3–14.
14. **Teetor P.** R Cookbook. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2011. – 413 p.
15. **Chang W.** R Graphics Cookbook. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2012. – 396 p.
7. **Cheshkova A.F., Aleinikov A.F., Stepochkin P.I.** Analiz sopryazhennoi izmenchivosti kolichestvennykh priznakov tritikale // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. – 2016. – T. 30. – № 5. – S. 50–52.
8. **Cheshkova A.F., Aleinikov A.F., Stepochkin P.I.** Ispol'zovanie programmnoi sredy R dlya razvedochnogo analiza dannykh v selektsionnykh issledovaniyakh // *Informatsionnye tekhnologii, sistemy i pribory v APK. «AGROINFO-2015»: materialy 6-i Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* – Novosibirsk, 2015. – S. 182–187.

#### REFERENCES

1. **Mastitskii S.E., Shitikov V.K.** Statisticheskii analiz i vizualizatsiya dannykh s pomoshch'yu R. – [Elektronnyi resurs]: URL: <http://r-analytics.blogspot.com>
2. **R Development Core Team.** R: A language and environment for statistical computing. – Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. – [Elektronnyi resurs]: URL: <http://www.R-project.org/>
3. **Losert D., Maurer H.P., Marulanda J.J., Wьrschum T., Friedt W.** Phenotypic and genotypic analyses of diversity and breeding progress in European triticale (Ч Triticosecale Wittmack) // *Plant Breeding*. – 2017. – Vol. 136. – P. 18–27.
4. **Kuhling I., Redozubov D., Broll G., Trautz D.** Impact of tillage, seeding rate and seeding depth on soil moisture and dryland spring wheat yield in Western Siberia // *Soil & Tillage Research*. – 2017. – Vol. 170. – P. 43–52.
5. **Tams S. H., Bauer E., Oettler G., Melchinger A.E.** Genetic diversity in European winter triticale determined with SSR markers and coancestry coefficient. // *Theor. Appl. Genet.* – 2004. – Vol. 108. – P. 1385–1391.
6. **Aleinikov A.F., Cheshkova A.F., Grebennikova I.G., Stepochkin P.I.** Programnye produkty dlya selektsionnoi otsenki sel'skokhozyaistvennykh kul'tur // *Sib. nauch. vestn.* – 2013. – № 17. – S. 164–171.
9. **Cheshkova A.F., Aleinikov A.F., Stepochkin P.I.** Ispol'zovanie programmnoi sredy R dlya klasternogo analiza dannykh v selektsionnykh issledovaniyakh // *Nauchno-informatsionnoe obespechenie innovatsionnogo razvitiya APK: materialy 8-i Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* – M.: Rosinformagrotekh, 2016. – S. 468–472.
10. **Cheshkova A.F., Aleinikov A.F., Stepochkin P.I.** Primenenie graficheskikh vozmozhnostei programmnoi sredy R dlya analiza eksperimental'nykh dannykh po selektsii tritikale // *Vychisl. tekhnologii*. – 2016. – T. 21, spetsvyp. 1. – S. 104–115.
11. **Aivazyan S.A., Enyukov I.S., Meshalkin L.D.** Prikladnaya statistika: Issledovanie zavisimostei: sprav. izd. / pod red. S.A. Aivazyana. – M.: Finansy i statistika, 1985. – 487 s.
12. **Dospikhov B.A.** Metodika polevogo opyta. – M.: Kolos, 1979. – 416 s.
13. **Zuur A.F., Ieno E.N., Elphick C.S.** A protocol for data exploration to avoid common statistical problems // *Methods in Ecology and Evolution*. – 2010. – Vol. N1. – Iss. N1. – P. 3–14.
14. **Teetor P.** R Cookbook. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2011. – 413 p.
15. **Chang W.** R Graphics Cookbook. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2012. – 396 p.

## APPLICATION OF THE R SOFTWARE ENVIRONMENT FOR ANALYSIS OF VARIANCE IN BREEDING RESEARCH

**A.F. CHESHKOVA<sup>1</sup>, Candidate of Science in Physics & Mathematics, Lead Researcher,  
A.F. ALEYNIKOV<sup>1,2</sup>, Doctor of Science in Engineering, Head Researcher, Professor,  
I.G. GREBENNIKOVA<sup>1</sup>, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher,  
P.I. STEPOCHKIN<sup>3</sup>, Doctor of Science in Agriculture, Lead Researcher**

*<sup>1</sup>Siberian Physical-Technical Institute of Agrarian Problems, SFSCA RAS  
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia*

*e-mail: anna.cheshkova@sorashn.ru*

*<sup>2</sup>Novosibirsk State Technical University*

*20, Karl Marx Ave, Novosibirsk, 630073, Russia*

*e-mail: fti2009@yandex.ru*

*<sup>3</sup>Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding –*

*Branch of the Institute of Cytology and Genetics, SB RAS*

*Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia*

*e-mail: petstep@ngs.ru*

The paper describes experience with applying the R software environment for analysis of variance in breeding studies on mutant forms and hybrids of spring triticale. The study was conducted in Novosibirsk Region, Russia in 2014. Seven spring triticale varieties were planted at two sowing rates (400 and 800 seeds per m<sup>2</sup>) and at two sowing dates (15 May and 27 May) in a randomized complete block design with four replications. Nine morphological characters were taken for evaluation of the samples. The R graphical tools were used for data exploration. The three-factor linear model was fitted for analysis of variance. Normality of model residuals was assessed by Shapiro-Wilk test, and homogeneity of variance was assessed by Levene's test. The analysis of variance showed that all main factors for almost all traits under study were significant. Tukey's honestly significant difference (Tukey's HSD) test was used to identify differences between treatment means. The comparative study of spring triticale varieties under different conditions of vegetation was performed. The mutant forms used in the experiment showed a lower level of adaptability in comparison with the cultivar Ukro.

**Keywords:** R software environment, analysis of variance, breeding, triticale, sowing dates, sowing density.

*Поступила в редакцию 27.09.2017*



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-12

УДК 636.294:637

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕРМЕНТОВ МИКРОБНОГО  
ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СЫРЬЯ МАРАЛОВ****М.Г. КРотова, научный сотрудник,****В.Г. Луницын, доктор ветеринарных наук, директор***Всероссийский научно-исследовательский институт пантового оленеводства**656031, Россия, Алтайский край, Барнаул, ул. Шевченко, 160*

e-mail: wniipo@rambler.ru

Изучена эффективность использования ферментов микробного происхождения при глубокой переработке сырья маралов. Проведена сравнительная оценка применения ферментов Протамекс, Протеаза 1, Протеаза 2, Протомикс, Бактериальная протеаза при ферментативном гидролизе побочной продукции мараловодства – хвостов, репродуктивных органов самцов маралов, маток с эмбрионами, сухожилий. Ферментативный гидролиз осуществлен в течение 8–10 ч в термостате и поле ультразвука при температуре 45–50 °С. Установлено, что применение анализируемых ферментов и их сочетаний повышает уровень перехода сухих веществ сырья маралов в гидролизат. При добавлении ферментов, каждого по отдельности, при гидролизе побочной продукции мараловодства, наилучшие результаты по выходу растворимой фракции получены с Протомиксом и Бактериальной протеазой. На всех этапах исследования максимальный процент выхода концентрата получен за счет применения сочетания ферментов. При ферментации хвостов маралов добавление Протеазы 2 и Протомикса обеспечило увеличение доли растворимых компонентов до 98 %. При гидролизе репродуктивных органов самцов марала в присутствии Протеазы 1, Протеазы 2 и Протомикса увеличило выход концентрата (высушенного до влажности 10–12 % гидролизата) до 65,2 %. В процессе гидролиза маток с эмбрионами и сухожилий применение Протомикса и Папаина обеспечило показатели 75,3 и 71,0 %. Определено, что использование ультразвуковых колебаний позволило на 10,8–21,2 % увеличить выход концентрата по сравнению с гидролизом сырья в термостате. Применение ультразвука в сочетании с анализируемыми ферментами микробного происхождения эффективно для гидролиза сырья маралов.

**Ключевые слова:** ферменты, сырье маралов, гидролиз, ферментация, концентрат.

В настоящее время большой интерес представляет продукция пантового оленеводства как ценный источник питательных и целебных компонентов. При переработке продукции мараловодства стоит задача максимально повысить биодоступность ее компонентов, расширить ассортимент продуктов, получаемых из сырья маралов. Перспективным является производство препаратов, представляющих собой смесь

низкомолекулярных пептидов и аминокислот – продуктов высокой биологической ценности [1], получение которых включает физическую и ферментативную обработку, вызывающую распад гидролитических компонентов сырья [2–4].

Во Всероссийском научно-исследовательском институте пантового оленеводства разработаны способы получения концентрата, в том числе основанные на фермент-

ном гидролизе [5, 6] и высокотемпературной экстракции [7–9]. Выход концентрата при использовании этих технологий недостаточно высок: от 39,87 (репродуктивные органы самцов) до 81,34 % (хвосты). Применение деструкции с помощью специфических ферментов обеспечивает мягкие условия обработки, которая максимально сохраняет полный набор аминокислот и питательную ценность получаемых продуктов, при этом значительно повышает их растворимость и усвояемость [10–12]. В пищевых производствах все чаще используют ферментные препараты микробного происхождения, которые получают при культивировании специфических микроорганизмов [13–15]. Применение ферментов позволяет интенсифицировать технологические процессы при переработке, улучшить качество готовых продуктов, а также увеличить их производство.

Цель исследования – изучить эффективность использования ферментов микробного происхождения Протамекс, Протеаза 1, Протеаза 2, Протомикс, Бактериальная протеаза в процессе глубокой переработки побочной продукции пантового оленеводства.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научно-исследовательская работа проведена во Всероссийском научно-исследовательском институте пантового оленеводства в 2016–2017 гг. Материалом служила побочная продукция пантового оленеводства: хвосты, репродуктивные органы самцов, матки с эмбрионами, сухожилия. В исследованиях использовали ферменты микробного происхождения: препарат промышленного производства на основе *Bacillus* протеазы Протамекс, выпускаемый фирмой «Novozymes» в Дании; щелочную грибную протеазу Протеаза 1, щелочную бактериальную протеазу на основе *Bacillus licheniformis* Протеаза 2; комплекс кислых протеаз на основе *Penicillium canescens* Протомикс; фермент на основе *Bacillus subtilis* Бактериальная протеаза. Данные ферменты являются препаратами Российского произ-

водства, разработанные во Всероссийском научно-исследовательском институте пищевой биотехнологии.

На первом этапе опытов изучали способность каждого из ферментов расщеплять вещества, содержащиеся в побочной продукции пантового оленеводства. Для приготовления каждой пробы к измельченному сырью добавляли дистиллированную воду в соотношении (сырье : вода) от 1 : 6 до 1 : 10. К полученным растворам добавляли ферменты. Уровень вносимых ферментов менялся в зависимости от их активности. Протомекс добавляли в количестве 1,5 % от объема субстрата, Протеазу 1, Протеазу 2 и Протомикс в количестве 0,2 % от объема субстрата, Бактериальная протеаза – 4 % от объема субстрата. В зависимости от используемого фермента pH растворов варьировала от 3 до 11. Ферментативный гидролиз осуществлялся в термостате при температуре 45–50 °С при периодическом перемешивании в течение 8 ч для хвостов и маток с эмбрионами, 10 ч для репродуктивных органов самцов и сухожилий. После окончания ферментации гидролизаты отфильтровывали и высушивали в инфракрасной сушилке при температуре 50 °С. Всего было приготовлено 60 образцов.

На втором этапе опытов изучали возможность применения ультразвука для интенсификации процесса. Для этого ферментацию осуществляли в ультразвуковой ванне ElmasonicS80H при температуре 45–50 °С, частотой ультразвуковых колебаний 37 кГц в течение 8–10 ч в зависимости от вида сырья. В течение данного этапа было изготовлено 60 проб.

На третьем этапе исследовали возможность совместного использования ферментов для повышения качества гидролиза и увеличения выхода концентрата. В одних опытах проводили последовательную обработку сырья сначала ферментами Протеаза 1 и Протеаза 2, затем Протомикс, в других опытах ферменты в раствор вносили одновременно – Протомикс + Папаин, Бактериальная протеаза + Папаин. Всего изготовлено 50 образцов.

В конце каждого из этапов проводился расчет выхода концентрата (высушенного гидролизата), который выражался в процентах от сухого вещества сырья маралов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В первой серии опытов проведен гидролиз сырья марала с использованием различных ферментов микробного происхождения (табл. 1).

При ферментации хвостов в термостате наибольший выход (80 %) получен с ферментом Протомикс, поскольку данный фермент представляет комплекс протеолитических ферментов, направленных на расщепление

белковых компонентов сырья. Выход растворимых составляющих при использовании других ферментов был значительно ниже и составлял от 52 до 65 %, что обусловлено субстратной специфичностью данных ферментов к определенным белкам.

Во второй серии опытов проведена ферментация хвостов марала с использованием тех же ферментов, но при этом гидролиз осуществлялся в поле ультразвука, что позволило увеличить количество готового продукта при использовании Протамекса на 14,6 %, Бактериальной протеазы на 18,9, Протеазы 1 на 16, Протеазы 2 на 15,0, Протомикса на 16,0 % (разница достоверна при  $p < 0,01$ ) (см. табл. 1). Наибольший выход

Таблица 1

Выход концентрата при ферментации сырья марала

Вид сырья	Фермент	Выход концентрата, %	
		гидролиз в термостате	гидролиз в поле ультразвука
Хвосты	Протамекс	65,0 ± 0,25	76,6 ± 0,34
	Бактериальная протеаза	62,5 ± 0,15	81,4 ± 0,21
	Протеаза 1	52,0 ± 0,47	68,0 ± 1,03
	Протеаза 2	60,0 ± 0,54	75,0 ± 0,62
	Протомикс	80,0 ± 0,27	96,0 ± 0,31
Репродуктивные органы самцов	Протамекс	23,3 ± 0,36	38,5 ± 0,24
	Бактериальная протеаза	35,2 ± 0,25	56,4 ± 0,11
	Протеаза 1	20,4 ± 0,51	31,5 ± 0,24
	Протеаза 2	21,5 ± 0,17	33,0 ± 0,17
	Протомикс	34,8 ± 0,35	45,6 ± 0,42
Матки с эмбрионами	Протамекс	54,0 ± 0,34	68,3 ± 0,33
	Бактериальная протеаза	53,2 ± 0,28	68,0 ± 0,26
	Протеаза 1	50,3 ± 0,18	62,3 ± 0,54
	Протеаза 2	50,6 ± 0,21	62,6 ± 0,39
	Протомикс	56,0 ± 0,25	70,0 ± 0,26
Сухожилия	Протамекс	10,2 ± 0,31	21,0 ± 0,25
	Бактериальная протеаза	27,5 ± 0,25	38,1 ± 0,20
	Протеаза 1	5,4 ± 0,18	15,5 ± 0,33
	Протеаза 2	8,1 ± 0,11	17,3 ± 0,59
	Протомикс	33,2 ± 0,33	43,2 ± 0,36

(96 %) получен при гидролизе в поле ультразвука при добавлении фермента Протомикс.

Проведена ферментация репродуктивных органов самцов марала с использованием ферментов микробного происхождения (табл. 1). Наибольший выход концентрата при гидролизе в термостате получен с препаратами Бактериальная протеаза и Протомикс (34,8–35,2 %).

Использование ультразвуковых колебаний позволило увеличить выход продукта на 10,8–21,2 % (разница достоверна при  $p < 0,001$ ). Выход концентрата из репродуктивных органов самцов был значительно ниже, чем из хвостов, что обусловлено наличием большого количества пептидных связей, образованных лейцином, изолейцином и валином, которые являются очень устойчивыми к гидролизу [16].

Проведено апробирование различных ферментов микробного происхождения при гидролизе маток (табл. 1). При ферментации маток марала в термостате наибольший выход сухого порошка, равный 56,0 %, получен с ферментом Протомикс. Выход концентрата при использовании других фер-

ментов был ниже на 2–5 %. Применение ультразвуковых колебаний позволило увеличить количество готового продукта при использовании Протамекса на 14,3 %. Бактериальной протеазы на 14,8, Протеазы 1 и Протеазы 2 на 12,0, Протомикса на 14,0 % (разница достоверна при  $p < 0,001$ ).

Наибольший процент выхода, равный 70,0 %, получен в результате гидролиза в поле ультразвука при добавлении фермента Протомикс.

Проведен ферментативный гидролиз сухожилий марала с использованием различных ферментов (табл. 1). Самые низкие показатели выхода растворимых веществ отмечены после действия Протеазы 1 и Протеазы 2: 5,4–8,1 % при гидролизе в термостате и 15,5–17,3 % при гидролизе в поле ультразвука. Наибольший процент выхода концентрата 38,1–43,2 % получен при использовании ферментов Бактериальная протеаза и Протомикс в поле ультразвука.

Проведены исследования использования сочетаний ферментов в ферментативном гидролизе сырья маралов (табл. 2).

Поэтапная обработка гидролизата из хвостов Протеазой 2, затем Протомиксом

Таблица 2

**Выход концентрата при ферментации сырья марала с использованием сочетания ферментов**

Вид сырья	Фермент	Выход концентрата, % (гидролиз в поле ультразвука)
Хвосты	Протеаза 2 + Протомикс	98,0 ± 0,23
	Протеаза 1 + Протеаза 2 + Протомикс	96,0 ± 0,65
Репродуктивные органы самцов	Протеаза 2 + Протомикс	52,1 ± 0,28
	Протеаза 1 + Протеаза 2 + Протомикс	65,2 ± 0,39
	Протомикс + Папаин	49,4 ± 0,25
	Бактериальная протеаза + Папаин	60,3 ± 0,27
Матки с эмбрионами	Протеаза 2 + Протомикс	73,0 ± 0,13
	Протомикс + Папаин	75,3 ± 0,27
	Бактериальная протеаза + Папаин	71,4 ± 0,27
Сухожилия	Протеаза 2 + Протомикс	27,6 ± 0,18
	Протомикс + Папаин	71,0 ± 0,43
	Бактериальная протеаза + Папаин	47,5 ± 0,25

привела к достоверному увеличению выхода концентрата на 2 %, выход концентрата при этом составил 98 %.

Для повышения глубины и качества ферментации репродуктивных органов самцов марала, ферменты, с которыми был получен максимальный выход концентрата в предыдущих опытах (Бактериальную протеазу и Протомикс) добавляли совместно с другими ферментами.

Установлено, что при последовательном внесении в гидролизат из репродуктивных органов Протеазы 1 и Протеазы 2, по истечении половины времени ферментации Протомикса, выход концентрата достоверно увеличился на 19,6 % ( $p < 0,001$ ). В опыте с добавлением Протеазы 1 и Протомикса (через 5 ч) выход растворимой фракции увеличился на 6,5 % (разница достоверна при  $p < 0,001$ ).

Единовременное внесение в гидролизат Протомикса с Папаином и Бактериальной протеазы с Папаином увеличило выход концентрата на 3,8; 3,9 % соответственно (разница достоверна при  $p < 0,001$ ). Наиболее оптимальным является способ, заключающийся в обработке половых органов марала комплексом ферментов Протеаза 1 и Протеаза 2 и Протомикс при дозе 0,2 % от объема сырья.

Установлено, что при гидролизе маток с эмбрионами с применением сочетания ферментов, поэтапное добавление в процессе ферментации Протеазы 2 и Протомикса привело к увеличению выхода концентрата на 3 % ( $p < 0,001$ ), тогда как внесение его совместно с Папаином позволило увеличить выход растворимых компонентов на 5,3 % ( $p < 0,001$ ). Применение Бактериальной протеазы с Папаином дало увеличение выхода продукта на 3,4 % (табл. 2). При гидролизе маток с эмбрионами марала оптимальным является использование сочетания ферментов Протомикс и Папаин.

При ферментативном гидролизе сухожилий марала массовая доля растворимых веществ достоверно увеличивалась на 9,4 и 27,98 % при действии препаратов Бактериальная протеаза и Протомикс в сочетании с

Папаином ( $p < 0,001$ ), следовательно, оптимальным является применение Протомикса в сочетании с Папаином в дозировке 0,2 % каждого фермента, выход концентрата при этом увеличивается до 71,0 %.

## ВЫВОДЫ

1. Гидролиз сырья маралов в поле ультразвука с добавлением ферментов микробного происхождения позволил повысить выход концентрата из хвостов марала до 98 %, из половых органов до 65,2, маток с эмбрионами до 75,3, из сухожилий до 71,0 %.

2. При гидролизе хвостов наиболее оптимальным является использование Протомикса в сочетании с Протеазой 2, при гидролизе половых органов Протомикса с Протеазой 1 и Протеазой 2, при переработке маток с эмбрионами Протомикса с Папаином, при гидролизе сухожилий оптимально сочетание ферментов Протомикс и Папаин.

3. Применение ультразвуковых колебаний увеличивает выход концентрата из сырья маралов на 10–21 %, не оказывая при этом губительного действия на ферменты микробного происхождения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Константиновская М.А., Красноштанова А.А.** Подбор условий получения ферментативного гидролизата из бульона, образующегося при производстве костной муки // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 4. – С. 31–37.
2. **Степура М.В., Лобанов В.Г.** Роль функциональных свойств белков в пищевой промышленности // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2007. – № 5. – С. 25–27.
3. **Белоусова С.В., Косенко О.В.** Влияние ферментативных препаратов на глубину гидролиза коллагенсодержащего сырья // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2012. – № 4. – С. 84–86.
4. **Зинина О.В., Соловьева А.А., Резбов Я.М., Тарасова И.В., Оксханова Э.К.** Ферменты в мясной отрасли пищевой промышленности // Междунар. студен. научн. вестн. – 2015. – № 6. – 49 с.

5. **Луницын В.Г., Неприятель А.А.** Безотходная технология переработки продукции пантового оленеводства // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2016. – № 5. – С. 83–91.
6. **Луницын В.Г., Неприятель А.А.** Новые продукты функционального питания на основе продукции мараловодства // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2017. – № 4. – С. 87–92.
7. **Гришаева И.Н., Луницын В.Г.** Способ получения концентрата из консервированных пантов маралов // Проблемы пантового оленеводства и пути их решения: сб. науч. тр. / под ред. В.Г. Луницына. – Барнаул: Азбука, 2011. – Т. 6. – С. 182–188.
8. **Гришаева И.Н., Луницын В.Г.** Способ получения концентратов из побочной продукции пантового оленеводства // Проблемы пантового оленеводства и пути их решения: сб. науч. тр. / под ред. В.Г. Луницына. – Барнаул: Азбука, 2011. – Т. 6. – С. 171–177.
9. **Луницын В.Г., Абашева О.В., Белозерских И.С., Неприятель А.А.** Усовершенствование способа переработки побочной продукции пантового оленеводства // Проблемы пантового оленеводства и пути их решения: сб. науч. тр. – Барнаул: Азбука, 2014. – Т. 8. – С. 81–84.
10. **Касьянов Г.И., Герасимова Н.Ю., Бирбасов В.А., Шамханов Ч.Ю.** Ферментативный гидролиз коллагенсодержащего сырья животного происхождения // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2008. – № 4. – С. 17–20.
11. **Бабич О.О., Полетаев А.Ю., Морозова А.И.** Переработка вторичного кератинсодержащего сырья и получение белковых гидролизатов на пищевые и кормовые цели // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 2. – С. 7–11.
12. **Курбанова М.Г., Соболева О.М., Добрынина Е.О.** Роль ферментов в пищевых технологиях // Вест. Кемеровского гос. с.-х. ин-та. – 2011. – № 4. – С. 191–199.
13. **Крахмалева Т.Н.** Использование концентрированных ферментных препаратов микробного происхождения спиртового производства в пивоварении // Оптимизация сложных биотехнологических систем: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Оренбург: Орен. гос. ун-т, 2003. – С. 100–104.
14. **Еремеев Н.Л.** Ферментативный гидролиз кератинсодержащего сырья для получения белковых гидролизатов // Прикладная биохимия и микробиология. – 2009. – № 6. – С. 717–724.
15. **Шарова Н.Ю.** Микроингредиенты микробного происхождения для создания продуктов функционального назначения // Актуальные вопросы теории и практики современной биотехнологии: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. – СПб.: Ленингр. гос. ун-т им. А.С. Пушкина, 2015. – С. 75–81.
16. **Кильмаев А.А., Разумовская Р.Г.** Исследование ферментативного гидролиза малоценного рыбного сырья в технологии получения белковых продуктов // Вестн. АГТУ. – 2007. – № 3. – С. 120–123.

## REFERENCES

1. **Konstantinovskaya M.A., Krasnoshtanova A.A.** Podbor uslovii polucheniya fermentativnogo gidrolizata iz bul'ona, obrazuyushchegosya pri proizvodstve kostnoi muki // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. – 2014. – № 4. – С. 31–37.
2. **Stepuro M.V., Lobanov V.G.** Rol' funktsional'nykh svoystv belkov v pishchevoi promyshlennosti // Izv. vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. – 2007. – № 5. – С. 25–27.
3. **Belousova S.V., Kosenko O.V.** Vliyanie fermentativnykh preparatov na glubinu gidroliza kollagensoderzhashchego syr'ya // Izv. vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. – 2012. – № 4. – С. 84–86.
4. **Zinina O.V., Solov'eva A.A., Rezebov Ya.M., Tarasova I.V., Okus Khanova E.K.** Fermenty v myasnoi otrasli pishchevoi promyshlennosti // Mezhdunarodnyi studencheskii nauchnyi vestnik. – 2015. – № 6. – 49 с.
5. **Lunitsyn V.G., Nepriyatel' A.A.** Bezotkhodnaya tekhnologiya pererabotki produktsii pantovogo olenevodstva // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2016. – № 5. – С. 83–91.
6. **Lunitsyn V.G., Nepriyatel' A.A.** Novye produkty funktsional'nogo pitaniya na osnove produktsii maralovodstva // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2017. – № 4. – С. 87–92.
7. **Grishaeva I.N., Lunitsyn V.G.** Sposob polucheniya kontsentrata iz konservirovannykh pantov maralov // Problemy pantovogo olenevodstva i puti ikh resheniya: sb. nauch. tr. / pod red. V.G. Lunitsyna. – Barnaul: Azbuka, 2011. – Т. 6. – С. 182–188.
8. **Grishaeva I.N., Lunitsyn V.G.** Sposob polucheniya kontsentratov iz pobochnoi

- produksii pantovogo olenevodstva // Problemy pantovogo olenevodstva i puti ikh resheniya: sb. nauch. tr. / pod red. V.G. Lunitsyna. – Barnaul: Azbuka, 2011. – T. 6. – S. 171–177.
9. **Lunitsyn V.G., Abasheva O.V., Belozerskikh I.S., Nepriyatel' A.A.** Usovershenstvovanie sposoba pererabotki pobochnoi produktsii pantovogo olenevodstva // Problemy pantovogo olenevodstva i puti ikh resheniya: sb. nauch. tr. – Barnaul: Azbuka, 2014. – T. 8. – S. 81–84.
  10. **Kas'yanov G.I., Gerasimova N.Yu., Birbasov V.A., Shamkhanov Ch.Yu.** Fermentativnyi gidroliz kollagensoderzhashchego syr'ya zhivotnogo proiskhozhdeniya // Izv. vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. – 2008. – № 4. – S. 17–20.
  11. **Babich O.O., Poletaev A.Yu., Morozova A.I.** Pererabotka vtorichnogo keratinsoderzhashchego syr'ya i poluchenie belkovykh gidrolizatov na pishchevye i kormovye tseli // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. – 2011. – № 2.
  12. **Kurbanova M.G., Soboleva O.M., Dobrynina E.O.** Rol' fermentov v pishchevykh tekhnologiyakh // Vest. Kemerovskogo gos. s.kh. in-ta. – 2011. – № 4. – S. 191–199.
  13. **Krakhmaleva T.N.** Ispol'zovanie kontsentriruyemykh fermentnykh preparatov mikrobного proiskhozhdeniya spirtovogo proizvodstva v pivovarenii // Optimizatsiya slozhnykh biotekhnologicheskikh sistem: Materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. – 2003. – S. 100–104.
  14. **Eremeev N.L.** Fermentativnyi gidroliz keratinsoderzhashchego syr'ya dlya polucheniya belkovykh gidrolizatov // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya. – 2009. – № 6. – S. 717–724.
  15. **Sharova N.Yu.** Mikroingredienty mikrobного proiskhozhdeniya dlya sozdaniya produktov funktsional'nogo naznacheniya // Aktual'nye voprosy teorii i praktiki sovremennoi biotekhnologii: Materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. – SPb.: Leningr. gos. un-t im. A.S.Pushkina, 2015. – S. 75–81.
  16. **Kil'maev A.A., Razumovskaya R.G.** Issledovanie fermentativnogo gidroliza malotsennogo rybnogo syr'ya v tekhnologii polucheniya belkovykh produktov // Vestn. AGTU. – 2007. – № 3. – S. 120–123.

## EFFECTIVENESS OF USING ENZYMES OF MICROBIAL ORIGIN IN MARAL RAW STUFF PROCESSING

**M.G. KROTOVA, Researcher,**  
**V.G. LUNITSYN, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Director**  
*All-Russian Research Institute for Antlered Deer Farming*  
*160, Shevchenko St, Barnaul, Altai Territory, 656031, Russia*  
e-mail: wniipo@rambler.ru

Effectiveness of using enzymes of microbial origin in deep processing of maral raw stuff was studied. There was conducted comparative evaluation of using enzymes Protamex, Protease 1, Protease 2, Protomix, and Bacterial Protease when enzyme hydrolyzing by-products of maral farming – tails, reproductive organs of males, uteri with embryos, tendons. The enzymatic hydrolysis was carried out during 8–10 hours in the thermostat and the ultrasonic field at a temperature of +45 to +50°C. It has been found that the use of the enzymes studied and their combinations allows us to increase a transition rate from dry substances to hydrolyzates. When adding each enzyme separately during the hydrolysis of maral by-products, best results as to output of soluble components were obtained with Protomix and Bacterial Protease. At all stages of the study, the maximum outputs of concentrate were obtained due to the use of enzyme combinations. The addition of Protease 2 and Protomix during the fermentation of maral tails increased a proportion of soluble components up to 98%. When hydrolyzing the reproductive organs of males in the presence of Protease 1, Protease 2 and Protomix, the output of concentrate (dried to a moisture content of 10–12% hydrolyzate) increased to 65.2%. The use of Protomix and Papain combination in the hydrolysis process of the uteri with embryos and tendons resulted in the values of 75.3 and 71.0%, respectively. As shown by research, the use of ultrasonic vibrations allowed increasing the concentrate output by 10.8–21.2% as compared with the hydrolysis of raw material in the thermostat. Therefore the use of ultrasound in combination with the enzymes of microbial origin studied is effective for hydrolysis of maral raw stuff.

**Keywords:** enzymes, maral raw stuff, hydrolysis, fermentation, concentrate.

*Поступила в редакцию 04.10.2017*



DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-13

УДК 637.521.4:637.54

## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ ГОМОГЕНАТОВ И КОНЦЕНТРАТОВ

**А.Т. ИНЕРБАЕВА**, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук,  
**Г.П. ЧЕКРЫГА**, ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук  
*Сибирский научно-исследовательский и технологический институт переработки сельскохозяйственной продукции СФНЦА РАН*  
630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск  
e-mail: atinerbaeva@yandex.ru

Проведена микробиологическая оценка мясных рубленых полуфабрикатов из говядины, свинины, конины с плодово-ягодными гомогенатами и овощными концентратами. Гомогенаты (яблоко, облепиха) получены на механо-акустическом гомогенизаторе, концентраты (морковь, свекла, тыква) высушены при помощи ИК-излучения и измельчены на бытовой электромельнице. Проведена оценка соответствия исходного сырья микробиологическим показателям. В мясном фарше не обнаружены патогенные бактерии рода *Salmonella* и бактерии *Listeria monocytogenes*, показатель КМАФАнМ находился в пределах  $(1,6-2,6) \times 10^6$  КОЕ/г, бактерии группы кишечной палочки (БГКП) не выявлены. Плодово-ягодные гомогенаты соответствовали гигиеническим нормам. В овощных концентратах наблюдали превышение норм по санитарно-значимым показателям КМАФАнМ, БГКП. В конечном продукте – мясных рубленых полуфабрикатах с добавлением плодово-ягодных гомогенатов – установлено соответствие гигиеническим нормам. С внесением овощных концентратов лишь 33 % образцов отвечали требованиям нормативной документации. Несоответствие остальных 67 % образцов выявлено только по санитарно-значимым показателям КМАФАнМ и БГКП. Предполагаем, что микробиологические показатели образцов с использованием добавок с превышенным микробным обсеменением зависели как от концентрации внесенного микробиологически обсемененного овощного концентрата, так и от равномерности распределения его в полуфабрикate.

**Ключевые слова:** мясные рубленые концентраты, микробиологическая оценка, плодово-ягодные гомогенаты, овощные концентраты.

Внесение гомогенатов и концентратов растительного происхождения в мясные рубленые полуфабрикаты определяет их статус как продуктов функционального назначения [1]. Основное действие гомогенатов заключено в содержании в них пектина, обладающего свободными химически активными карбоксильными группами, способными к образованию прочных нерастворимых комплексов с поливалентными металлами, которые затем выводятся из организма [2, 3]. Известно использование облепиховой муки взамен пшеничной при

производстве мясных рубленых изделий, разработаны рецептуры рыбо-растительных продуктов, где в качестве растительного компонента внесено пюре из ягод облепихи [4, 5]. В Кубанском государственном техническом университете разработаны рецептуры использования яблочного наполнителя в мясных рубленых изделиях [6]. Е.Е. Курчаевой предложено внесение в состав колбасных изделий порошка моркови, обработанного ИК-лучами [7].

Из литературных источников известно, что поступающие растительные добавки

(пряности, специи), используемые для производства продуктов питания, довольно часто не соответствуют гигиеническим нормам. Так, в обычной поваренной соли природного происхождения, используемой в качестве консерванта, выявлено микробное загрязнение от  $10^1$  до  $10^3$  КОЕ/г. Для улучшения микробиологических показателей растительных ингредиентов рекомендованы дополнительные обработки УФ-лучами, бактерицидными газами, стерилизация в автоклавах, прокалывание и др. [8, 9].

В наших исследованиях использованы растительные добавки, обработанные разными способами, что определяло их качественную характеристику – микробную обсемененность.

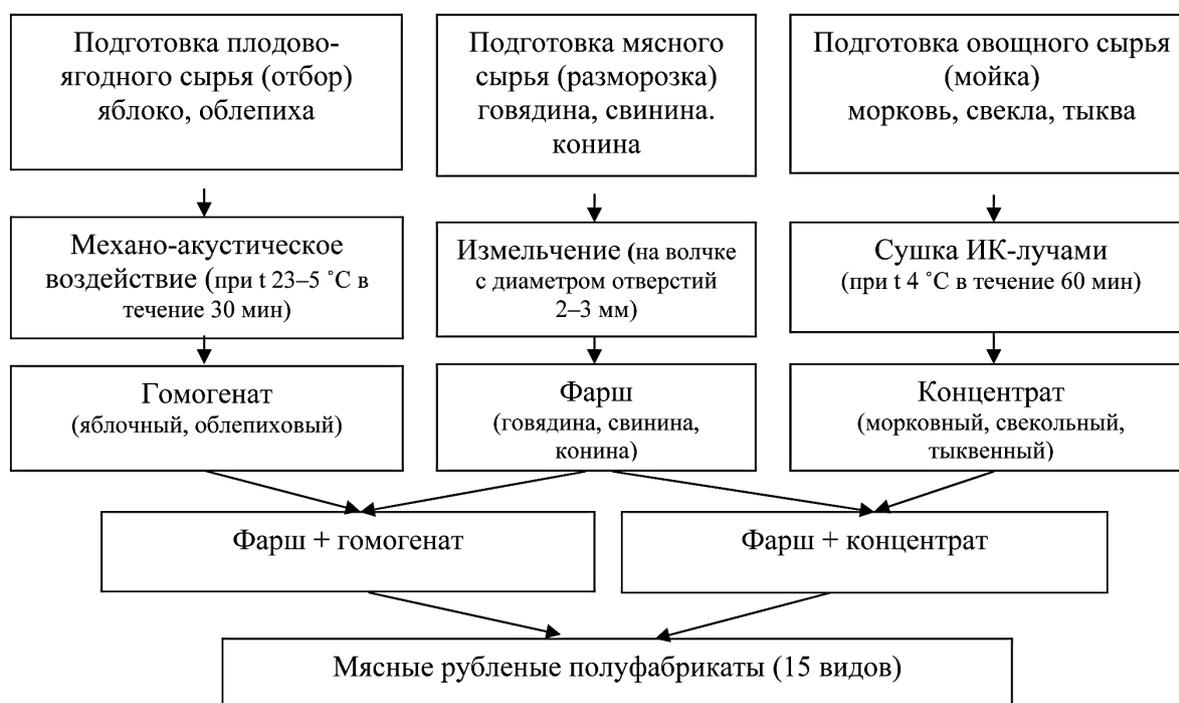
Цель работы – дать микробиологическую оценку полуфабрикатов с введением в их состав добавок растительного происхождения различного качества.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в Сибирском научно-исследовательском институте переработки сельскохозяйственной продукции (Новосибирская область).

Объект исследования – рубленые мясные полуфабрикаты с добавками растительного происхождения. Полуфабрикаты изготавливали из мясного сырья – говядины, свинины, конины. В полученный фарш добавляли плодово-ягодные гомогенаты (яблоко, облепиха), полученные на механо-акустическом гомогенизаторе, и овощные концентраты (морковь, свекла, тыква), высушенные при помощи ИК-сушки и измельченные на бытовой электромельнице. Технологическая схема получения мясных рубленых полуфабрикатов представлена на рисунке.

Получено 15 образцов, которые исследовали на микробиологическую безопасность их использования по следующим показателям: количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) – ГОСТ 10444.15–94 [10], бактерии группы кишечных палочек (колиформы) – ГОСТ 31747–2012 [11]; условно-патогенные микроорганизмы *Bacillus cereus* – ГОСТ 10444.8–2013 [12]; *Listeria monocytogenes* – ГОСТ Р 51921–2002 [13]; патогенные микроорганизмы: *Salmonella* – ГОСТ 31659–2012 [14]; микроорганизмы порчи «Плесневые грибы и дрожжи» –



Технологическая схема получения мясных рубленых полуфабрикатов

ГОСТ 10444.12–2013 (табл. 1) [15]. Согласно ГОСТ Р 51446–99 проведено вычисление фактического средневзвешенного значения количества микроорганизмов в одном грамме по показателям «КМАФАнМ» и «Плесневые грибы и дрожжи» [16].

Таблица 1

**Образцы мясных рубленых полуфабрикатов**

Номер образца	Полуфабрикат
1	Говядина + яблочный гомогенат
2	Говядина + облепиховый гомогенат
3	Свинина + яблочный гомогенат
4	Свинина + облепиховый гомогенат
5	Конина + яблочный гомогенат
6	Конина + облепиховый гомогенат
7	Говядина + концентрат из ИК – сушеной моркови
8	Говядина + концентрат из ИК – сушеной свеклы
9	Говядина + концентрат из ИК – сушеной тыквы
10	Свинина + концентрат из ИК – сушеной моркови
11	Свинина + концентрат из ИК – сушеной свеклы
12	Свинина + концентрат из ИК – сушеной тыквы
13	Конина + концентрат из ИК – сушеной моркови
14	Конина + концентрат из ИК – сушеной свеклы
15	Конина + концентрат из ИК – сушеной тыквы

Фруктово-ягодные гомогенаты хранили в стеклянной таре, овощные концентраты – в полиэтиленовых пакетах при комнатной температуре в течение одного года.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Перед выработкой мясных рубленых полуфабрикатов проведена оценка соответствия исходного сырья микробиологическим показателям. В мясном фарше не обнаружены патогенные бактерии рода *Salmonella* и бактерии *Listeria monocytogenes*, показатель КМАФАнМ находился в пределах  $(1,6–2,6) \times 10^6$  КОЕ/г (требования СанПиН –  $5 \times 10^6$  КОЕ/г) [17], бактерии группы кишечных палочек не выявлены (табл. 2).

Оценка растительных добавок показала, что фруктово-ягодные гомогенаты, полученные на механо-акустическом гомогенизаторе соответствовали гигиеническим нормам. В овощных концентратах, высушенных при воздействии ИК-лучей, а затем измельченных на бытовой электромельнице, отмечали превышение норм по санитарно-значимым показателям КМАФАнМ и БГКП.

Предполагаем, что одним из факторов, способствующим превышению требуемых норм, является процесс сушки ИК-лучами. Инфракрасная сушка предусматривает щадящее воздействие на продукт.

Таблица 2

**Микробиологическая оценка компонентов полуфабрикатов**

Сырье	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП (коли-формы)	Патогенные бактерии, в том числе рода <i>Salmonella</i>	Плесени, КОЕ/г	<i>Listeria monocytogenes</i>
<i>Фарш</i>					
Говядина	$1,6 \times 10^5$	Не обнаружены	Не обнаружены	н/о	Не обнаружены
Свинина	$1,9 \times 10^5$	« «	Не обнаружены	н/о	« «
Конина	$2,6 \times 10^5$	« «	« «	н/о	« «
<i>Фруктово-ягодные гомогенаты</i>					
Яблочный	$1,4 \times 10^4$	Не обнаружены	Не обнаружены	$1,7 \times 10$	н/о
Облепиховый	$3,4 \times 10^3$	« «	« «	$1,4 \times 10^2$	н/о
<i>Овощные концентраты</i>					
Морковный	$1,9 \times 10^5$	Не обнаружены	Не обнаружены	$3,4 \times 10^3$	н/о
Свекольный	$1,7 \times 10^5$	Обнаружены	« «	$7,9 \times 10^3$	н/о
Тыквенный	$3,7 \times 10^6$	Не обнаружены	« «	$6,6 \times 10^3$	н/о

Примечание. н/о – не определяли (согласно требованиям СанПиН 2.3.2.1078–01 п. 1.1.1.4 и п. 1.6.1.1).

Таблица 3

**Микробиологическая оценка  
мясных рубленых полуфабрикатов  
с растительными добавками**

Но- мер об- разца	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП	Плесени, КОЕ/г
<i>Полуфабрикат с плодово-ягодными гомогенатами</i>			
1	$0,9 \times 10^6$	Не обнаружено	$0,5 \times 10$
2	$1,8 \times 10^6$	« «	$1,4 \times 10$
3	Нет роста	« «	Не обнаружено
4	$1,4 \times 10^6$	« «	$0,9 \times 10$
5	$0,9 \times 10^6$	« «	$5,0 \times 10$
6	$0,5 \times 10^6$	« «	$2,3 \times 10$
<i>Полуфабрикат с концентратами из ИК-сушеных овощей</i>			
7	$3,2 \times 10^7$	Не обнаружено	Не обнаружено
8	$1,6 \times 10^8$	Обнаружено	« «
9	$2,9 \times 10^7$	« «	« «
10	$1,9 \times 10^8$	« «	« «
11	$1,0 \times 10^6$	Не обнаружено	« «
12	$2,3 \times 10^7$	Обнаружено	« «
13	$1,3 \times 10^6$	Не обнаружено	« «
14	$9,7 \times 10^7$	Обнаружено	« «
15	$1,0 \times 10^6$	Не обнаружено	« «

Примечание. Патогенных бактерий, в том числе рода *Salmonella*, и *Listeria monocytogenes*, во всех образцах не обнаружено.

дующие температурные режимы (до 50 °С) для сохранения биологических нутриентов (витамины, ферменты и др.) исходного растительного сырья. В связи с этим по окончании обработки в продуктах выявляется остаточная микрофлора: в одних случаях не снижающая доброкачественность продукта, в других – активно влияющая на его качество [18].

В конечном продукте – мясных рубленых полуфабрикатах с добавлением плодово-ягодных гомогенатов – установлено соответствие гигиеническим нормам, с внесением овощных концентратов лишь 33 % образцов отвечали требованиям нормативной документации (табл. 3).

Несоответствие остальных 67 % образцов выявлено лишь по санитарно-значимым показателям «КМАФАнМ» и «БГКП». Предполагаем, что микробиологические показатели образцов с использованием добавок с превышенным микробным обсеменением зависели как от концентрации внесенного микробиологически обсемененного овощного концентрата, так и от равномерности распределения его в полуфабрикate.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Растительные добавки, полученные на механо-акустическом гомогенизаторе, отвечали гигиеническим нормам для их введения в состав мясных рубленых полуфабрикатов, обеспечивая не только функциональное назначение конечного продукта, но и безопасность его использования. Не все овощные концентраты, приготовленные при щадящих режимах ИК-сушки, соответствовали предъявляемым требованиям. Необходимо дальнейшее изучение подбора оптимальных параметров ИК-сушки и хранения овощных концентратов, используемых для получения мясных изделий функционального назначения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дроздова Т.М., Влощинский П.Е., Позняковский В.М. Физиология питания: учебник. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. – 352 с.
2. Бакулина О.Н. Галактоманнаны: аспекты использования // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2000. – № 1. – С. 20–21.
3. Козлов С.Г., Просеков А.Ю., Кааль Н.В. Свойства макроколлоидов пектина в присутствии творожной сыворотки // Молоч. пром-сть. – 2005. – № 11. – С. 45.
4. Золотарёва А.М. Перспективы совершенствования производства продуктов питания

- на основе биологически активных веществ облепихи // Известия вузов. Пищевые технологии. – 2003. – № 4. – С. 55–57.
5. **Зюзина О.Н.** Разработка рецептур рыборастворительных продуктов для детского питания с использованием ягод облепихи // Известия вузов. Пищевые технологии. – 2011. – № 2-3. – С. 43–45.
  6. **Саркисова В.И., Могильный М.П.** Использование плодового сырья в производстве мясных рубленых изделий // Известия вузов. Пищевые технологии. – 2013. – № 4. С. 10–12.
  7. **Курчаева Е.Е., Максимов И.В., Манжесов В.И.** Растительные источники белка в комбинированных мясных продуктах // Пищ. пром-сть. – 2006. – № 1. – С. 90.
  8. **Карцев В.В., Белова Л.В., Иванов В.П.** Санитарная микробиология пищевых продуктов. – СПб: Изд-во СПбМА им. И.И. Мечникова, 2000. – 312 с.
  9. **Мавлани М.И., Хамидова О.Ш., Шамсутдинова Х.Х., Миралиева Р.С.** Микробиальная порча консервированных продуктов и пути ее предотвращения. – Ташкент: Фан, 1990. – 144 с.
  10. **ГОСТ 10444.15–94.** Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – М.: Стандартинформ, – 2010. – 7 с.
  11. **ГОСТ 31747–2012.** Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). – М.: Стандартинформ, – 2013. – 16 с.
  12. **ГОСТ 10444.8–2013.** Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальный метод подсчета presumptивных бактерий *Bacillus cereus*. Метод подсчета колоний при температуре 30 °С. – М.: Стандартинформ, – 2014. – 16 с.
  13. **ГОСТ Р 51921–2002.** Продукты пищевые. Методы выявления и определения бактерий *Listeria monocytogenes*. – М.: Стандартинформ, 2010. – 18 с.
  14. **ГОСТ 31659–2012.** Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. – М.: Стандартинформ, – 2014. – 21 с.
  15. **ГОСТ 10444.12–2013.** Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 11 с.
  16. **ГОСТ 51446–99.** Микробиология. Продукты пищевые. Общие правила микробиологических исследований. – М.: Стандартинформ, 2005. – 28 с.
  17. **СанПиН 2.3.2.1078–01.** Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. – Новосибирск, 2002. – 205 с.
  18. **Волончук С.К., Чекрыга Г.П.** Новые технологии. Улучшение качества пшеничной муки и пчелиной пыльцевой обножки инфракрасным излучением. – Германия: ЛАМБЕРТ. – 2012. – 88 с.

#### REFERENCES

1. **Drozdova T.M., Vloshchinskii P.E., Poznyakovskii V.M.** Fiziologiya pitaniya: uchebnik. – Novosibirsk: Sib. univ. izd-vo, 2007. – 352 s.
2. **Bakulina O.N.** Galaktomannany: aspekty ispol'zovaniya // Pishchevye ingredienty. Syr'e i dobavki. – 2000. – № 1. – S. 20–21.
3. **Kozlov S.G., Prosekov A.Yu., Kaal' N.V.** Svoistva makrokolloidov pektina v prisutstvii tvorozhnoi syvorotki // Moloch. prom-st'. – 2005. – № 11. – S. 45.
4. **Zolotareva A.M.** Perspektivy sovershenstvovaniya proizvodstva produktov pitaniya na osnove biologicheskii aktivnykh veshchestv oblepikhi // Izvestiya vuzov. Pishchevye tekhnologii. – 2003. – № 4. – S. 55–57.
5. **Sarkisova V.I., Mogil'nyi M.P.** Ispol'zovanie plodovogo syr'ya v proizvodstve myasnykh rublenykh izdelii // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. – 2013. – № 4. – S. 10–12.
6. **Zyuzina O.N.** Razrabotka retseptur ryborastitel'nykh produktov dlya detskogo pitaniya s ispol'zovaniem yagod oblepikhi // Izvestiya vuzov. Pishchevye tekhnologii. – 2011. – № 2-3. – S. 43–45.
7. **Kurchaeva E.E., Maksimov I.V., Manzhesov V.I.** Rastitel'nye istochniki belka v kombinirovannykh myasnykh produktakh // Pishch. prom-st'. – 2006. – № 1. – S. 90.
8. **Kartsev V.V., Belova L.V., Ivanov V.P.** Sanitarnaya mikrobiologiya pishchevykh produktov. – SPb: Izd-vo SPbMA im. I.I. Mechnikova, 2000. – 312 s.

9. **Mavlani M.I., Khamidova O.Sh., Sham-sutdinova Kh.Kh., Miraliev R.S.** Mikrobial'naya porcha konservirovannykh produktov i puti ee predotvrashcheniya. – Tashkent: Fan, 1990. – 144 s.
10. **GOST 10444.15–94.** Produkty pishchevye. Metody opredeleniya kolichestva mezofil'nykh aerobnykh i fakul'tativno-anaerobnykh mikroorganizmov. – M.: Standartinform. – 2010. – 7 s.
11. **GOST 31747–2012.** Produkty pishchevye. Metody vyyavleniya i opredeleniya kolichestva bakterii gruppy kishhechnykh palochek (koliformnykh bakterii). – M.: Standartinform. – 2013. – 16 s.
12. **GOST 10444.8–2013.** Mikrobiologiya pishchevykh produktov i kormov dlya zhivotnykh. Gorizontal'nyi metod podscheta prezhimovnykh bakterii *Bacillus cereus*. Metod podscheta kolonii pri temperature 30 °S. – M.: Standartinform. – 2014. – 16 s.
13. **GOST R 51921–2002.** Produkty pishchevye. Metody vyyavleniya i opredeleniya bakterii *Listeria monosytogenes*. – M.: Standartinform, 2010. – 18 s.
14. **GOST 31659–2012.** Produkty pishchevye. Metod vyyavleniya bakterii roda *Salmonella*. – M.: Standartinform. – 2014. – 21 s.
15. **GOST 10444.12–2013.** Mikrobiologiya pishchevykh produktov i kormov dlya zhivotnykh. Metody vyyavleniya i podscheta kolichestva drozhzhei i plesnevykh gribov. – M.: Standartinform, 2014. – 11 s.
16. **GOST 51446–99.** Mikrobiologiya. Produkty pishchevye. Obshchie pravila mikrobiologicheskikh issledovaniy. – M.: Standartinform, 2005. – 28 s.
17. **SanPiN 2.3.2.1078–01.** Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoi tsennosti pishchevykh produktov. – Novosibirsk, 2002. – 205 s.
18. **Volonchuk S.K., Chekryga G.P.** Novye tekhnologii. Uluchshenie kachestva pshenichnoi muki i pchelinoi pyl'tsevoi obnozhki infrakrasnym izlucheniem: monografiya. – Germaniya: LAMBERT. – 2012. – 88 s.

## MICROBIOLOGICAL EVALUATION OF MINCED MEAT SEMI-FINISHED PRODUCTS WITH THE ADDITION OF VEGETABLE HOMOGENATES AND CONCENTRATES

**A.T. INERBAYEVA, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher,  
G.P. CHEKRYGA, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher**  
*Siberian Research and Technology Institute of Agriproducts Processing, SFSCA RAS*  
Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia  
e-mail: atinerbaeva@yandex.ru

There was carried out an evaluation of minced meat semi-finished products out of beef, pork and horse-flesh with adding fruit-and-berry homogenates and vegetable concentrates. Homogenates (apple, sea buck-thorn) were obtained by means of mechano-acoustic homogenizer; concentrates (carrot, beet, pumpkin) were IR-dried and minced by electric grinder. The starting raw material was evaluated for compliance with microbiological parameters. No pathogenic bacteria of the genus *Salmonella* and bacteria *Listeria monosytogenes* were found in minced meat, the TAAMC parameter was within the range of  $(1.6–2.6) \times 10^6$  CFU/g; coliform bacteria were not detected. Fruit-and-berry homogenates met the requirements of hygienic standards. In vegetable concentrates, exceeding the standards as to TAAMC and coliform bacteria count was observed. The final product, a minced meat semi-finished product with adding fruit-and-berry homogenate, has been established to comply with hygienic standards. With adding vegetable concentrates, only 33% of the samples met the requirements of the normative documents. Failure of the other 67% of samples to meet the standards was revealed as to parameters TAAMC and coliform bacteria count. We suppose that microbiological parameters of the samples with additives having higher bacterial contamination depended on both concentration of microbiologically contaminated vegetable concentrate and evenness of its distribution in the semi-finished product.

**Keywords:** minced meat semi-finished products, microbiological evaluation, fruit-and-berry homogenates, vegetable concentrate.

Поступила в редакцию 03.10.2017



**ВАСИЛИЙ АНДРЕЕВИЧ МОРОЗ**

(к 80-летию со дня рождения)



Знаменитому овцеводу России, Герою Социалистического Труда, лауреату государственной премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, академику РАН, заслуженному зоотехнику России, доктору сельскохозяйственных наук, Почетному гражданину Ставропольского края и Апанасенковского района Василию Андреевичу Морозу 12 октября 2017 г. исполнилось 80 лет.

Василий Андреевич родился в г. Кизляре Республики Дагестан. В 1956 г. с отличием окончил зоотехническое отделение в сельскохозяйственном техникуме, в 1961 г. зоотехнический факультет Ставропольского сельскохозяйственного института. В 1969 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, в 1987 г. – доктора сельскохозяйственных наук. По окончании института в течение 27 лет работал главным зоотехником в колхозе им. Ленина Апанасенковского района Ставропольского края. В декабре 1987 г. Василий Андреевич назначен на должность директора Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства (г. Ставрополь). Был избран депутатом и членом президиума Верховного Совета РСФСР, депутатом Государственной думы Федерального Собрания России.

Научная работа академика Мороза посвящена созданию и совершенствованию высокопродуктивных стад овец. Под его научным руководством и при непосредственном участии созданы тонкорунные породы: манычский и джалгинский меринос, кулундинская, полутонкорунная западно-сибирская мясная, а также внутривидовые типы – целинный, манычский, южно-степной, верхне-степной.

---

Результаты исследований В.А. Мороза по вопросам селекции мериносовых овец используются при разработке нормативно-технической документации в овцеводстве. За цикл работ в области овцеводства президиумом Россельхозакадемии ему присуждена золотая медаль им. академика М.Ф. Иванова. Разносторонняя и плодотворная научная и практическая деятельность Василия Андреевича отмечена государственными наградами и званиями.

В течение 35 лет В.А. Мороз активно занимается вопросами селекции овец, разводимых в Забайкальском крае. С 2003 г. он ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института ветеринарии Восточной Сибири – филиала СФНЦА РАН.

В.А. Мороз – автор агинской породы полугрубшерстных овец, хангильского типа забайкальской тонкорунной породы (лауреат премии за лучшую завершённую научную разработку СО Россельхозакадемии, 2014 г.). За многолетний добросовестный труд, большой личный вклад в развитие агропромышленного комплекса Забайкалья 3 февраля 2014 г. Василий Андреевич награжден знаком отличия «За усердие на благо Забайкальского края».

Василий Андреевич представлял нашу страну на всемирных конгрессах по овцеводству в Австралии (2002, 2006 гг.), Испании (1986 г.), Новой Зеландии (1989 г.), Уругвае (1994 г.), Аргентине (1995 г.), во Франции (2010 г.) и в ЮАР (2014 г.).

По актуальным вопросам овцеводства В.А. Мороз опубликовал более 400 научных работ, в том числе два учебника для вузов. Он ведет большую работу по подготовке научной школы. Под его руководством защищено 32 диссертации, в том числе 9 докторских.

Сердечно поздравляя Василия Андреевича со знаменательной датой, желаем ему крепкого здоровья, активной трудовой деятельности и дальнейших творческих успехов.

Академики Н.И. Кашеваров, А.С. Донченко,  
В.А. Солошенко, В.В. Альт,  
доктора наук Н.А. Донченко, В.Г. Черных, В.А. Марченко,  
сотрудники Сибирского федерального  
научного центра агrobiотехнологий РАН

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Представляемая статья должна содержать новые, еще не опубликованные, результаты научных исследований и соответствовать одной из следующих рубрик журнала: «Биотехнология», «Земледелие и химизация», «Растениеводство и селекция», «Садоводство», «Кормовая база», «Защита растений», «Животноводство», «Ветеринария», «Рыбоводство», «Переработка сельскохозяйственной продукции», «Механизация и электрификация», «Автоматизация, моделирование и информационное обеспечение», «Экономика». Статьи аспирантов публикуются в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения». Необходимо представить документ, подтверждающий обучение в аспирантуре. Обязательна рекомендация научного руководителя.

На публикацию представляемых в редакцию материалов требуются письменное разрешение и рекомендация руководства организации, на средства которой проводились работы. Рукопись подписывается автором (соавторами), подтверждая своё участие в выполнении представляемой работы и удостоверяя согласие с содержанием рукописи. Сведения об авторах (соавторах) заполняются согласно представленной анкете на русском и английском языках.

### Анкета автора

- Фамилия, имя, отчество (полностью)
- Ученая степень
- Место работы (полное название организации и подразделения)
- Должность
- Почтовый адрес места работы
- Контактные телефоны (служебный, домашний, мобильный), факс, e-mail
- Отдельно следует выделить автора, ответственного за связь с редакцией и указать контактный e-mail и мобильный телефон

По представленной форме заполняется **Авторская справка** <http://sibvest.elpub.ru/>, выражающая согласие на открытое опубликование статьи в печатном варианте журнала и его электронной копии в сети интернет;

Полный пакет документов (сопроводительное письмо, анкеты авторов, авторская справка, статья в двух экземплярах на одной стороне стандартного листа формата А4) направить по адресу: 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463, сектор редакционно-издательской деятельности СФНЦА РАН.

Необходимо также предоставить электронный вариант рукописи по электронной почте: [Vestnik.nsk@ngs.ru](mailto:Vestnik.nsk@ngs.ru). Запись на электронном носителе должна быть идентична оригиналу на бумаге. Текст оформляется в программе Word, кеглем 14, шрифтом TimesNewRoman, с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу и посередине.

Объем статьи, включая таблицы, иллюстрации и библиографию, не должен превышать 10 страниц компьютерного набора; статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», - не более 4 страниц.

Порядок оформления статьи: УДК, инициалы и фамилия автора, ученое звание и степень, должность, полное название научного учреждения, в котором проведены исследования, адрес электронной почты автора, заголовок статьи (не более 70 знаков), реферат на русском и английском языках (не менее 1500 - 2000 знаков каждый), ключевые слова (5-10), основной текст статьи, библиографический список (не менее 15 источников).

### РЕФЕРАТ

Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должно отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных.

## **ПРИМЕРНЫЙ ПЛАН СТАТЬИ, ПРЕДСТАВЛЯЕМОЙ ДЛЯ ОПУБЛИКОВАНИЯ:**

- постановка проблемы, цель, задачи исследования;
- условия, методы (методика) исследования, описание объекта, место и время проведения исследования;
- результаты исследования и их обсуждение;
- заключение или выводы.

### **План статьи <http://sibvest.elpub.ru/>**

Библиографический список должен быть оформлен в соответствии с требованиями и правилами составления библиографической ссылки (ГОСТ Р 7.05– 2008) в виде общего списка в порядке цитирования: в тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана; библиографические данные приводятся по титульному листу издания, все элементы библиографического перечня отделяются друг от друга тире; цифры, обозначающие том, выпуск, издание, страницы, ставятся после сокращенного слова, например: Т. 3, вып. 8. – С. 15–20.

Схема перечня библиографических данных:

- для монографий - фамилия и инициалы автора или первых четырех (если это коллективная монография, ссылка дается на название книги), название книги, повторность издания, место издания, название издательства, год издания, номер тома, общий объем.
- для статей - фамилия, инициалы автора или первых трех и др., название статьи, если это журнал - его название, год выпуска, том, номер, страницы, если сборник - его название, место издания, издательство, год издания, номер тома, выпуска, страницы.

### **Примеры оформления библиографических ссылок <http://sibvest.elpub.ru/>**

Формулы должны быть напечатаны четко. Необходимо соблюдать различия между одинаковыми по начертанию прописными и строчными буквами, подчеркивая прописные буквы двумя черточками снизу. Латинские буквы размечаются волнистой чертой снизу.

Таблицы и рисунки должны иметь порядковый номер и название. Диаграммы следует представлять в программе Excel (с базой данных, на основе которой они построены). На осях абсцисс и ординат графиков указываются величины и единицы измерения. Не рекомендуется рисунки загромождать надписями, лучше детали занумеровать и расшифровать в подрисунковой подписи или тексте статьи. Фотографии представляются в формате \*.jpg, \*.tiff. Всем иллюстрациям нужно дать сквозную нумерацию. Ссылки на иллюстративный материал приводятся в тексте статьи в круглых скобках. Необходимо избегать повторений данных в таблицах, графиках и тексте статьи.

Корректурa дается авторам лишь для контроля. Стилистическая правка, дополнения и сокращения не допускаются.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается, для иных авторов статьи в журнале публикуются на платной основе.

После прохождения рецензирования рукописи редакция направляет в адрес организации или автора счет (квитанцию) для оплаты.

Автор, подписывая статью и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН.

Редакция оставляет за собой право не регистрировать рукописи, не отвечающие настоящим требованиям.

Все рукописи, представляемые для публикации в журнале, проходят рецензирование, по результатам которого редколлегия принимает решение о целесообразности опубликования материалов.

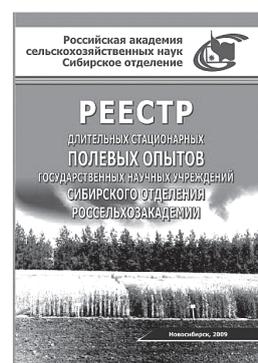
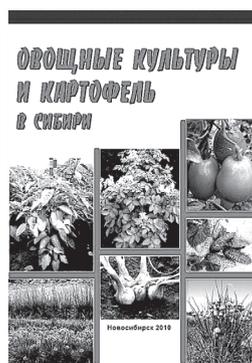
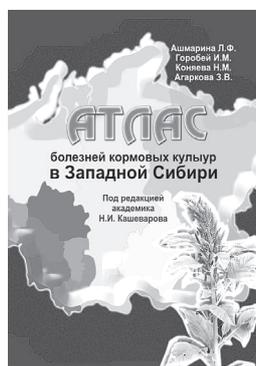
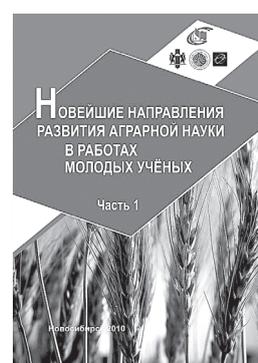
## ПРОИЗВОДСТВО ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

В Сибирском федеральном научном центре агробιοтехнологий Российской академии наук организована работа по производству полиграфической продукции:

1. Подготовка оригинал-макета печатной продукции (редактирование, корректура, дизайн, верстка).
2. Печать книг, брошюр, буклетов, авторефератов и др.
3. Изготовление бланочной продукции, визиток, календарей и др.
4. Переплётные работы всех видов.
5. Изготовление удостоверений и адресных папок.

**У нас свое производство, доступные цены**

**Стоимость производства продукции рассчитывается индивидуально**



Обращаться по телефонам: 8 (383) 348-37-62, 348-18-26  
e-mail: [vestnik.nsk@ngs.ru](mailto:vestnik.nsk@ngs.ru)

Наш адрес: 630501, Новосибирская обл, Новосибирский р-н,  
р.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, 457, а/я 463