

ВЕСТНИК НГАУ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
VESTNIK NGAU NOVOSIBIRSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY



№3(64)
2022

Научный журнал

ВЕСТНИК НГАУ

Новосибирский
государственный
аграрный
университет

Научный журнал

№ 3(64)2022

Н.Н. Кочнев
главный редактор,
доктор биологических наук,
профессор

Учредитель:
ФГБОУ ВО «Новосибирский
государственный
аграрный университет»

Основан
в декабре 2005 года

Зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи и массовых
коммуникаций

ПИ № ФС 77-35145
29.01.2009.

Материалы издания
выборочно включаются
в международные базы данных
Agris, Ulrich's Periodicals Directory

Russian Science
Citation Index

Электронная версия журнала
на сайте: www.elibrary.ru

Адрес редакции:
630039, г. Новосибирск,
ул. Добролюбова, 160, каб. 106
журнал «Вестник НГАУ»
(Новосибирский государственный
аграрный университет)
Телефоны: +7 (383) 264-23-62;
+7 (383) 264-25-46 (факс)
E-mail: vestnik.nsau@mail.ru

Подписной индекс издания 94091
Тираж 500 экз.

Редакционный совет:

Рудой Е.В. – д-р экон. наук, чл.-корр. РАН., ректор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, председатель редакционной коллегии (Новосибирск, Россия)

Кочнев Н.Н. – д-р биол. наук, проф., главный редактор, проф. кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Камалдинов Е.В. – д-р биол. наук, доцент, зам. главного редактора, проректор по научной и международной деятельности ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Члены редколлегии:

Абрамов Н.В. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)

Беляев А.А. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой защиты растений ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Буджапов Л.В. – д-р биол. наук, директор БурНИИСХ СО РАН (Улан-Удэ, Россия)

Булашев А.К. – д-р вет. наук, проф., кафедры биотехнологии и микробиологии Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (Нур-Султан, Казахстан)

Бямбаа Б. – д-р вет. наук, академик Монгольской академии наук, президент Монгольской академии аграрных наук (Улан-Батор, Монголия)

Власенко Н.Г. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник СибНИИЗиХ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Вышегуров С.Х. – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой ботаники и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Галеев Р.Р. – д-р с.-х. наук, проф. кафедры растениеводства и кормопроизводства ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Гамзиков Г.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник НИЧ ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Главендекич М.М. – д-р биотехн. наук, проф. кафедры ландшафтной архитектуры Университета г. Белграда (Белград, Сербия)

Гончаров Н.П. – д-р биол. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник ФИЦ ИЦИГ СО РАН (Новосибирск, Россия)

Добротворская Н.И. – д-р с.-х. наук, гл. науч. сотрудник СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Донченко А.С. – д-р вет. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник Сибирского федерального научного центра агроботаники Российской академии наук (Новосибирск, Россия)

Донченко Н.А. – д-р вет. наук, чл.-корр. РАН, руководитель ИЭВСИДВ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Дубовский И.М. – д-р биол. наук, зав. лабораторией биологической защиты и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Жучаев К.В. – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой разведения, кормления и частной зоотехнии, декан биолого-технологического факультета ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Кауфман О. – д-р аграр. наук, проф. Гумбольдтского университета, факультет естественных наук, Институт сельского хозяйства и садоводства им. Альбрехта Даниэля Тэера, почетный доктор ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Берлин, Германия)

Кашеваров Н.И. – д-р с.-х. наук, акад. РАН, руководитель СибНИИ кормов СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Коуржил Я. – Ph. D., проф. лаборатории искусственного размножения рыб и интенсивной аквакультуры факультета рыбоводства и охраны вод Южно-Чешского университета (Чешские Будевеице, Чехия)

Кочетов А.В. – д-р биол. наук, акад. РАН, директор ФИЦ ИЦИГ СО РАН (Новосибирск, Россия)

Магер С.Н. – д-р биол. наук, проф., руководитель СибНИПТИЖ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Мейсснер Р. – д-р техн. наук, проф. кафедры управления водообеспечением, Институт сельскохозяйственных наук и проблем питания в Мартин-Лютер университете (Халле-Виттенберг, Германия)

Ноздрин Г.А. – д-р вет. наук, проф., проф. кафедры фармакологии и общей патологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Нургазиев Р.З. – д-р вет. наук, проф. акад. НАН КР, ректор КНАУ им. К.И. Скрябина (Бишкек, Кыргызстан)

Петухов В.Л. – д-р биол. наук, проф., проф. кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ (Новосибирск, Россия)

Поповски З. – д-р аграр. наук, проф., кафедры биохимии и генной инженерии Университета Св. Кирилла и Мефодия (Скопье, Северная Македония)

Солошенко В.А. – д-р с.-х. наук, акад. РАН, гл. науч. сотрудник СибНИПТИЖ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Шарков И.Н. – д-р биол. наук, гл. науч. сотрудник СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Шейко И.П. – д-р с.-х. наук, акад. НАН Республики Беларусь, первый зам. ген. директора РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» (Жодино, Беларусь)

Технический редактор *Мищенко О.Н.*

Редактор *Коробкова Т.К.*

Компьютерная верстка *Зверев А.Е.*

Переводчик *Рюмкина И.Н.*

Дата выхода в свет 30 сентября 2022 г. Свободная цена.
Формат 60 × 84 1/8. Объем 12 уч.-изд. л. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman». Заказ № 2534.

Отпечатано в ИЦ НГАУ «Золотой колос»
630039, РФ, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.
Тел. +7 (383) 267-09-10. E-mail: 213-45-39@mail.ru

VESTNIK NGAU

**Novosibirsk
State
Agrarian
University**

Scientific journal

No. 3(64)2022

H.H. Kochnev

**Editor-in-Chief,
Doctor of Biological Sc.
Professor**

**The founder is Federal State
State-Funded
Educational Institution
of Higher Education
“Novosibirsk State
Agrarian University”**

**The journal is based
in December, 2005**

**The journal is registered in the Federal
Service for Supervision in the Sphere
of Communications, Information
Technologies and Mass Media
Certificate PI No. FS 77-35145
29.01.2009.**

**The materials are included
into the database Agris,
Ulrich's Periodicals Directory
on a selective basis**

**Russian Science
Citation Index**

**E-journal is found at:
www.elibrary.ru**

Address:
630039, Novosibirsk,
160 Dobrolyubova Str., office 106
VESTNIK NGAU
of Novosibirsk State Agrarian University
Tel: +7 (383) 264–23–62;
Fax: +7 (383) 264–25–46
E-mail: vestnik.nsau@mail.ru

Subscription index is 94091

Circulation is 500 issues

Editors:

Rudoi E.V. – Dr. of Economic Sc., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Rector of NSAU, the Chairman of the Editorial Board, (Novosibirsk, Russia)

Kochnev N.N. – Doctor of Biological Sc., Professor, the Editor-in-Chief, Professor at the Chair of Veterinary Genetics and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Kamaldinov E.V. – Dr. of Biological Sc., Associate Professor, the Deputy of Editor-in-Chief, Vice-Rector for Scientific and International Activities at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Editorial Board:

Abramov N.V. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Soil Science and Agrochemistry at Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)

Beliaev A.A. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Plant Protection at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Budazhapov L.V. – Dr. of Biological Sc., the Head of Buryat Research Institute of Agriculture SD RAS (Ulan-Ude, Russia)

Bulashev A.K. – Doctor of Veterinary Sc., Professor at the Chair of Biotechnology and Microbiology at Seifulin Kazakh Agrotechnical University (Nur-Sultan, Kazakhstan)

Byambaa B. – Doctor of Veterinary Sc., Academician of the Academy of Sciences in Mongolia, President of Mongolian Academy of Agricultural Sciences (Ulaan Baator, Mongolia)

Vlasenko N.G. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Science, Senior Research Fellow, Siberian Research Institute of Farming and Agricultural Chemicalization (Novosibirsk, Russia)

Vyshegurov S.Kh. – Dr. of Agricultural Sc., Professor, the Head of the Chair of Botany and Landscape Architecture at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Galeev R.R. – Dr. of Agricultural Sc., Professor of the Chair of Crop and Feed Production at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Gamzikov G.P. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Chief Research Fellow at the Department of Science and Research of Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Glavendekich M.M. – Dr. of Biological Sc., Professor at the Chair of Landscape Architecture at the University of Belgrade (Belgrade, Serbia)

Goncharov N.P. – Dr. of Biological Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Research Institute of Cytology and Genetics (Novosibirsk, Russia)

Dobrotvorskaia N.I. – Dr. of Agricultural Sc., Leading Research Fellow at Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology RAS (Novosibirsk, Russia)

Donchenko A.S. – Dr. of Veterinary Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at of Siberian Federal Research Centre of Agriculture and Biotechnology (Novosibirsk, Russia)

Donchenko N.A. – Dr. of Veterinary Sc., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head at the Institute of Experimentally Veterinary Medicine of Siberia and Far East, at Siberian Federal Research Centre of Agriculture and Biotechnology (Novosibirsk, Russia)

Dubovskii I.M. – Dr. of Biological Sc., the Head of the Laboratory of Biological Protection and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Zhuchaev K.V. – Dr. of Biological Sc., Professor, the Head of the Chair of Animal Husbandry, Dean of Biology-Technological Faculty at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Kaufmann O. – Doctor of Agricultural Sc., Professor at Humboldt University, Faculty of Life Sciences, Albrecht Daniel Thaer - Institute of Agricultural and Horticultural Sciences, Honorary Doctor of Novosibirsk State Agrarian University (Berlin, Germany)

Kashevarov N.I. – Dr. of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Head of Siberian Federal Research Institute of Feed SFSCA RAS (Novosibirsk, Russia)

Kouril Ja. – Ph. D., Professor of the Laboratory of Artificial Fish Propagation and Intensive Aquaculture at the Faculty of Fisheries and Protection of Waters at University of South Bohemia (Ceske Budejovice, Czech Republic)

Kochetov A.V. – Dr. of Biological Sc., Academician of the Russian Academy of Sciences, the Head of Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology (Novosibirsk, Russia)

Mager S.N. – Dr. of Biological Sc., Professor, the Head of Siberian Research Institute of Animal Husbandry (Novosibirsk, Russia)

Meissner R. – Dr. of Technical Sc., Professor at the Department of Water Management, Institute of Agricultural Sciences and Nutrition at Martin Luther University (Halle-Wittenberg, Germany)

Nozdrin G.A. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, Professor at the Chair of Pharmacology and General Pathology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Nurgaziev R.Z. – Dr. of Veterinary Sc., Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Rector of Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin (Bishkek, Kyrgyzstan)

Petukhov V.L. – Doctor of Biological Sc., Professor, Professor at the Chair of Veterinary Genetics and Biotechnology at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

Popowski Z. – Doctor of Agricultural Sc., Professor at the Chair of Biochemistry and Genetic Engineering at Ss. Cyril and Methodius University (Skopje, Northern Macedonia)

Soloshenko V.A. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow at Siberian Research Institute of Animal Husbandry (Novosibirsk, Russia)

Sharkov I.N. – Dr. of Biological Sc., the Head of Siberian Research Institute of Farming and Chemicalization Siberian Federal Research Centre for Agricultural Biotechnology RAS (Novosibirsk, Russia)

Sheiko I.P. – Doctor of Agricultural Sc., Academician of National Academy of Sciences of Belarus, Vice-Head of Animal Husbandry Research Institute at National Academy of Sciences of Belarus (Zhodino, Belarus)

Typing: *Mishchenko O. H.*

Editor: *T.K. Korobkova*

Desktop publishing: *Zverev A.E.*

Translator: *Rumkina. I.N.*

Date of publication 30 September 2022. Free price.

Size is 60 × 84¹/₈. Volume contains 12 publ. sheets. Offset paper is used.

Typeface "Times New Roman" is used. Order no. 2534.

Printed in "Zolotoy Kolos" Publ. of Novosibirsk State Agrarian University
160 Dobrolyubova Str., office 106, 630039 Novosibirsk. Tel.: +7 (383) 267-09-10
E-mail: 2134539@mail.ru

АГРОНОМИЯ

AGRONOMY

Ализаде Ш.В. Экологический мониторинг почв Муганской степи Азербайджана.	Alizade Sh.V. Ecological monitoring of soils in the Mugan Desert of Azerbaijan.	5
Гаврилец Т.В., Данилов В.П., Матенькова Е.А., Петров А.Ф., Садохина Т.А., Кокорин А.В., Садохин А.Н. Отзывчивость сои на внесение органических удобрений на основе птичьего помета.	Gavrilets T.V., Danilov V.P., Matenkova, E.A., Petrov A.F., Sadokhina T.A., Kokorin, A.V., Sadokhin A.N. Soybean response to organic fertilizer based on bird manure.	17
Демин А.П. Трансформация водно- и землепользования в орошаемом земледелии регионов Сибири (1990–2020 гг.).	Demin A.P. Transformation of water and land use in irrigated agriculture in Siberian regions (1990–2020).	26
Масленникова В.С., Цветкова В.П., Пастухова А.В., Петров А.Ф., Кондратьев М.В. Биологизация технологии выращивания тепличного томата в условиях Западной Сибири.	Maslennikova V.S., Tsvetkova V.P., Pastuhova A.V., Petrov A.F., Kondratyev M.V. Biologization of greenhouse tomato growing technology in conditions of Western Siberia.	36
Мехтиев М.М. Бонитировка почв Гянджа-Казахского кадастрового района Азербайджанской Республики.	Mekhtiyev M.M. Soil evaluation in the Ganja-Kazakh cadastral region of the Republic of Azerbaijan.	44
Нерсисян С.М., Дубовский И.М., Коробова Л.Н. Влияние микробного препарата БакСиб на озимый ячмень и состояние чернозема южного.	Nersesyan S.M., Dubovskiy I.M., Korobova L.N. The influence of the microbial preparation BakSib on winter barley and the state of southern chernozem.	55
Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш. Урожайность и адаптивность сортов яровой пшеницы различных групп спелости в условиях лесостепи Северного Зауралья.	Sapega V.A., Tursumbekova G.Sh. Yield and adaptability of spring wheat varieties of different maturity groups under forest-steppe conditions of the Northern Trans-Urals.	67
Цугкиева В.Б., Дзантиева Л.Б., Тохтиева Л.Х., Доев Дз.Н., Шабанова И.А., Датиева Б.А. Производство биотехнологического продукта на питательной среде из растительного сырья.	Tsugkieva V.B. Dzantieva L.B., Tokhtieva L.Kh., Doev Dz.N. Shabanova I.A., Datieva B.A. Production of a biotechnological product on a nutritional medium from plant raw materials.	76

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

VETERINARY AND ANIMAL SCIENCES

Афонюшкин В.Н., Городов В.С., Кильп А.С., Сигарева Н.А. Роль метилирования промоторов герпесвирусов в реализации патогенного потенциала на примере болезни Марека.	Afonyushkin V.N., Gorodov B.S. Kilp A.S., Sigareva N.A. The role of Herpes Virus promoter methylation in the realization of pathogenic potential in the example of Marek's Disease.	83
Белоусов А.И., Шкуратова И.А., Красноперов А.С., Опарина О.Ю., Малков С.В. Влияние теплового стресса на коров в сухостойный и послеродовой период.	Belousov A.I., Shkuratova I.A., Krasnoperov A.S., Oparina O.Iu., Malkov S.V. Influence of heat stress on cows during the dry and postpartum period.	93
Зайко О.А., Тарасенко Е.И. Содержание марганца в некоторых органах и тканях свиней породы ландрас.	Zaiko O.A., Tarasenko E.I. Manganese content in some organs and tissues of Landrace pigs.	102
Никитина А.А., Корякина Л.П. Этиологическая структура лептоспир, циркулирующих в популяциях сельскохозяйственных животных в Якутии.	Nikitina A.A., Koryakina L.P. Etiological structure of leptospirosis circulated in populations of farm animals in Yakutia.	111
Плахова А.А., Самсонова И.Д. Скрытые резервы Васюганских болот по производству продуктов пчеловодства.	Plakhova A.A., Samsonova I.D. Hidden reserves of the Vas-yugan swamps for the production of beekeeping products.	118

Себежко О.И., Климанова Е.А., Нарожных К.Н., Короткевич О.С., Александрова Д.А. Содержание и изменчивость показателей азотистого обмена у крупного рогатого скота голштинской породы в условиях Западной Сибири.	Sebezhko O.I., Klimanova E.A., Narozhnykh K.N., Kороткеvich O.S., Aleksandrova D.A. Content and variability of nitrogen metabolism in cattle of the Holstein breed under conditions of Western Siberia.	125
Функ И.А. Эффективность использования пробиотического препарата Плантариум в кормлении сукозных коз.	Funk I.A. The efficiency of using the probiotic drug "Plan-tarum" in feeding gestation goats.	134
Хватов В.А., Щипакин М.В., Глушонок С.С. Морфология дуги аорты и её ветвей у кошек породы мейн-кун.	KhvatoV V.A., Shchipakin M.V., Glushonok S.S. Morphol-ogy of the aortic arch and its branches in Maine Coon cats.	142

АГРОНОМИЯ

DOI:10.31677/2072-6724-2022-64-3-5-16

УДК 631.95

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ МУГАНСКОЙ СТЕПИ
АЗЕРБАЙДЖАНА**Ш.В. Ализаде**, кандидат биологических наук*Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджан***E-mail:** shafa.huseynova@mail.ru**Ключевые слова:** Муганская степь, мониторинг почв, засоление, окультурирование, плодородие.

Реферат. Почвенно-экологический мониторинг как научная информационная система контроля изменений почвенного покрова, оценки состояния почв и прогнозирования воздействия на него природных и антропогенных факторов показывает результаты нежелательных региональных и глобальных изменений почвенного покрова и ландшафта, антропогенных изменений во времени. В связи с этим важно изучить изменение состояния земель, используемых под сельскохозяйственными культурами на Муганской равнине, где применяется интенсивное земледелие, и своевременно внести предложения по урегулированию этих изменений. Муганская равнина расположена в юго-восточной части Кура-Аразской низменности, общая площадь которой составляет 455332,5 га. Основными почвами исследуемой территории, занятыми под сельскохозяйственными культурами, являются серо-коричневые, сероземно-луговые, лугово-сероземные, болотно-луговые и аллювиально-луговые. Почвенно-экологический мониторинг проводился по методике Г.В. Добровольского и других ученых, лабораторные анализы взятых почвенных образцов проводились по общепринятым методикам, а также были собраны и обработаны почвенные данные из фондовых и литературных материалов периода 1980–1985 гг. и нынешнего времени. Установлено, что в трех из четырех исследованных типов почв за 40-летний период наблюдалось увеличение плодородия, в одном – его снижение. Содержание гумуса в серо-коричневых почвах увеличилось на 0,20%, лугово-сероземных – на 0,14, сероземно-луговых – на 0,12, а в аллювиально-луговых почвах содержание гумуса уменьшилось на 0,17%, азота – на 0,02, фосфора – на 0,02%. На основе анализа составленной нами карты засоления почв Муганской степи (М 1 : 100000) определено, что аллювиально-луговые почвы в основном подверглись слабому засолению (+0,19%), серо-коричневые – среднему (+0,29%), лугово-сероземные (+0,67%) и сероземно-луговые почвы (+0,44%) – сильному засолению. В результате сравнения собственных данных по засолению почв исследуемой территории с данными Г.Ш. Мамедова (2000 г.) установлено, что площадь засоленных земель на Муганской равнине увеличилась с 33,9 до 66,1%, из них площадь слабозасоленных почв – с 24,24 до 10,58, средnezасоленных – с 9,68 до 15,6, а сильнозасоленных – с 5,33 до 36,4%.

ECOLOGICAL MONITORING OF SOILS IN THE MUGAN DESERT OF
AZERBAIJAN**Sh.V. Alizade**, Ph.D. in Biological Sciences*Baku State University, Baku, Azerbaijan***E-mail:** shafa.huseynova@mail.ru**Keywords:** Mughan desert, soil monitoring, salinification, cultivation, crop-producing power.

Abstract. Soil-ecological monitoring is a scientific information system for monitoring changes in soil cover, assessing the state of soils, and predicting the impact of natural and anthropogenic factors on them. This monitoring shows the results of undesirable regional and global changes in soil cover and landscape and anthropogenic changes over time. Therefore it is important to study the change in the state of land used for crops in the Mugan Desert, where intensive farming is used and to make timely proposals to resolve these changes. The Mugan Desert is located in the southeastern part of the Kura-Araz lowland. The total area of the Mugan Desert is 455,332.5 ha. The main soils are gray-brown, sierozem-meadow, meadow-sierozem, bog-meadow, and alluvial-meadow soils, which are occupied by crops. These soils were the objects of study of the authors. Soil-ecological monitoring was carried out according to the method of G.V. Dobrovolsky and other scientists. Laboratory analyzes, which were taken from soil samples, were carried out according to generally accepted methods. The authors also collected and

processed soil data from stock and literary materials of the period from 1980 to 1985 and the present. The authors found that in three of the four studied soil types over 40 years, an increase in crop-producing power was observed in one - it decreased. The content of humus in gray-brown soils increased by 0.20%, meadow-sierozem - by 0.14%, sierozem-meadow - by 0.12%, and in alluvial-meadow soils the content of humus decreased by 0.17%, nitrogen - by 0.02%, phosphorus - by 0.02%. Based on the analysis, the authors compiled a soil salinity map of the Mugan steppe (M 1: 100,000) and determined that alluvial-meadow soils were mainly subjected to low salinity (+0.19%), gray-brown - medium (+0.29%), meadow-sierozem (+0.67%) and sierozem-meadow soils (+0.44%) - to strong salinity. As a result of comparing our data on soil salinity in the study area with the data of G.Sh. Mamedov (2000), the authors found that the area of saline lands in the Mugan Desert increased from 33.9% to 66.1%, of which the area of weakly saline soils decreased from 24.24% to 10.58%, of moderately saline soils increased from 9.68% to 15.6, and highly saline also increased from 5.33% to 36.4%.

Одной из важнейших проблем охраны природы является организация мониторинга среды обитания человека. Чтобы предупредить, уменьшить или предотвратить воздействие любых негативных изменений в биосфере, необходимо их исследовать и выявить причины. В настоящее время во всем мире существуют системы экологического мониторинга, которые предоставляют информацию об изменениях в биосфере и отдельных ее компонентах. Экологический мониторинг является базой данных для широкого спектра природоохранной деятельности, полученные данные используются для научных исследований, для оценки состояния окружающей среды и принятия управленческих решений [1].

Мониторинг почв включает в себя функции наблюдения за состоянием наземного покрова, плодородием почв и защиты окружающей среды от загрязнения. Почвенно-экологический мониторинг направлен на оперативное выявление изменений в почве для урегулирования нежелательных процессов и явлений, происходящих в результате деятельности человека. В то же время она обеспечивает устойчивость и стабильность в социально-экономических отношениях биосферы и общества, главным образом по состоянию почв, плодородию, управлению и прогнозированию сельскохозяйственного производства. При таком подходе почвенно-экологический мониторинг объективно отражает нежелательные, неблагоприятные (локальные, региональные и глобальные) изменения состояния земель, растительного покрова и ландшафтов в результате антропогенных изменений. В связи с этим в настоящее время во многих странах мира проводятся многочисленные и разносторонние научные исследования по экологическому мониторингу земель [2–11].

Учитывая разнообразие антропогенного воздействия на почвы, с одной стороны, и разнообразие процессов (дегумификация, засоление, эрозия и др.), приводящих к сни-

жению и разрушению плодородия почв, – с другой, нетрудно получить представление о сложности организации мониторинга земель. Мониторинг почв позволяет изучить такие показатели плодородия, как содержание фосфора, калия, азота, гумуса; химико-минералогический состав; количество макро- и микрокомпонентов, радионуклидов и их изотопов и др.

Скорость изменения показателей (в пространстве и во времени), подлежащих контролю при мониторинге почв, группируется по периоду измерений. Их можно разделить на три группы [12].

К первой группе относятся первичные диагностические элементы, или более быстро меняющиеся показатели почвы: ферментативная активность почвы; дыхание и азотфиксация; реакции окисления и восстановления; плотность и пористость; минерализация почвенного раствора; температура и влажность почвы. Наблюдения проводятся в течение всего года.

Во вторую группу входят менее изменчивые почвенные признаки: количество, качество и баланс гумуса; количество питательных веществ, пестицидов и тяжелых металлов; биологическая продуктивность естественных растений и агроценозов; инспекционный контроль за использованием земель несельскохозяйственного назначения, выведенных из севооборота. Наблюдения следует проводить каждые 2–5 лет.

К признакам третьей группы относятся относительно стабильные показатели почвы: запасы гумуса и азота; гранулометрический, минералогический и химический состав; микро- и макроморфология; карбонатность; мощность горизонтов; интенсивность смыва почв водной и ветровой эрозией. Наблюдения требуется проводить каждые 5–10 лет.

Основной целью исследований было проведение экологического мониторинга почвенного покрова Муганской равнины.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являются почвы Муганской равнины площадью 455332,5 га. По методике Г.В. Добровольского [13] и других ученых [14–16] почвенно-экологический мониторинг проводится в 4 этапа.

Первый этап состоит из сбора почвенных, геоморфологических, геологических, гидрогеологических, почвенно-мелиоративных, картографических и других материалов, позволяющих проводить предварительные исследования и мониторинг на изучаемой территории и объектах.

На втором этапе осуществляется выбор объекта мониторинга по результатам первого этапа. Объект выбирают в зависимости от сложности почвенно-экологических условий, глубины воздействия антропогенных факторов на почву. Эти объекты в качестве фона или эталона должны включать территории, не подверженные или на минимальном уровне подверженные антропогенному воздействию, такие как заповедники и заказники.

На третьем этапе проводятся пространственные и временные наблюдения на выбранных участках. В этот период выбираются параметры контроля, определяются объемы работ, методы выполнения.

На четвертом этапе оцениваются полученные данные, разрабатываются методы их защиты, а также методы прогнозирования и регулирования состояния почв.

На физико-химические анализы, которые проводились в лаборатории агроэкологии и бонитировки почв Института почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, нами было представлено 36 почвенных образцов. Анализы проводились по следующим методикам: гумус и общий азот – по И.В. Тюрину, гранулометрический состав – по Н.А. Качинскому, рН водной суспензии – рН-метром, CO_2 карбонатов – кальциметром, валовой фосфор – по А.М. Мещерякову, полная водная вытяжка – по Д.И. Иванову [17].

Кроме того, нами были рассмотрены, изучены и обобщены результаты фондовых и литературных материалов по почвенным исследованиям в Муганской степи Института почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана [18–22] и Азербайджанского государственного научно-исследовательского института по землеустройству периода 1980–1985 гг. [23–25].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В связи с земельной реформой, проводимой в стране, государством был принят ряд законов, в том числе Закон о земельном кадастре, мониторинге земель и землеустройстве (от 12 марта 1999 г.), а также создан Научно-производственный центр по земельному кадастру и мониторингу при Государственном земельном комитете [26]. Служба экологического мониторинга [27] была создана 29 ноября 2001 г. при Министерстве экологии и природных ресурсов АР для организации мониторинга основных компонентов окружающей среды, водных объектов, почвы и атмосферы, оценки, программирования, регулирования и управления антропогенным воздействием на этих объектах. Вышеизложенное свидетельствует о том, что организация мониторинга земель в нашей стране уже осуществляется на государственном уровне.

Научные исследования по почвенно-экологическому мониторингу в Азербайджане проводили Г.Ш. Мамедов [14], С.З. Мамедова [16], А.Б. Джафаров [28], Дж.А. Шабанов [29] и др. Исследования академика Г.Ш. Мамедова [14] сыграли неоценимую роль в развитии научно-теоретических и методологических основ научного направления мониторинга почв в Азербайджане, автор впервые разработал пространственно-временные принципы наблюдений за показателями потенциального плодородия почв.

В своих исследованиях С.З. Мамедова [16] разработала программу системы экологического мониторинга показателей плодородия лесных и сельскохозяйственных угодий, распространенных в пределах крупных речных бассейнов Ленкоранского района, Дж.А. Шабанов [29] провел экологический мониторинг плодородия земель бассейна р. Ленкоранчай, выявил изменения показателей плодородия почв бассейна реки за 50 лет и на их основе разработал комплекс агротехнических и мелиоративных мероприятий, направленных на повышение плодородия земель, используемых под летние пастбища и чайные плантации.

Муганская равнина расположена в юго-восточной части Кура-Аразской низменности, в засушливой зоне Азербайджана. Муганская равнина граничит с реками Кура и Араз на севере и северо-востоке, Кура-Акушинской и Ленкоранской равнинами на юго-востоке и с Ираном на юге и юго-западе. Муганская

равнина занимает площадь 455332,5 га, простирается (с уклоном 0,0001–0,0003) с северо-запада на юго-восток и лежит ниже уровня моря [30]. Климат полупустынный субтропический. Муганская равнина состоит из аллювиальных отложений с подстилающими их морскими отложениями, мощность которых достигает 10–12 см. Современные аллювиальные отложения состоят в основном из глинистых и суглинистых отложений, а также песчаных и слоистых отложений. Почвенный покров района представлен преимущественно следующими почвами: серо-коричневыми (Kastanozems), сероземно-луговыми (Gleyic Xerosols), лугово-сероземными (Calsisols), болотно-луговыми (Eutric Gleysoils) и аллювиально-луговыми (Eutric Fluvisols).

Территорию Муганской равнины можно рассматривать как один из регионов страны, где усиливается антропогенное воздействие на природные комплексы и растительный покров. Проблема засоления является одной из главных проблем не только этой территории, но и большинства земель Азербайджана. Почвенный покров Муганской равнины в последние десятилетия претерпевает изменения под влиянием антропогенных факторов (засоление, солонцеватость, расширение поселений, количественное сокращение и качественное ухудшение сельскохозяйственных угодий и т.д.). Несмотря на ряд принятых в регионе в последние годы мер по охране земель, наблюдается неуклонный рост негативных процессов под влиянием производственной деятельности человека.

Одним из основных факторов, влияющих на ухудшение мелиорации почв на полях, является неудовлетворительное техническое состояние оросительной и коллекторно-дренажной сетей. В результате многолетних исследований и наблюдений установлено, что дефекты технического состояния коллекторно-дренажной сети возникают в основном при их строительстве и эксплуатации.

В результате такие дефекты отрицательно сказываются на мелиоративной эффективности коллекторно-дренажной сети, ухудшается мелиоративное состояние земель, снижается урожайность возделываемых культур. Из актов приема-передачи, подготовленных в связи с передачей внутрихозяйственной сети Министерству мелиорации и водного хозяйства, установлено, что не менее 20–25% существующей коллекторно-дренажной сети находится в нерабочем состоянии. Поэтому важно, чтобы государство и землепользователи принимали важ-

ные меры по обслуживанию существующих систем, обеспечению их нормальной работы, организации ремонтов и налаживанию новых взаимоотношений. Исключительное значение в формировании мелиоративного состояния земель имеют техническое состояние и уровень эксплуатации существующих гидротехнических сооружений района.

Согласно Информационной системе безопасности пищевых продуктов, только 3966 км из 8423 км оросительных каналов на Муганской равнине находятся в хорошем состоянии, а 4457 км – в плохом. Из 10420 гидротехнических сооружений 5647 находятся в исправном состоянии, 4759 – в аварийном и 14 – в нерабочем состоянии; все 138 дренажей в этих районах недействующие, 4444 из 7259 открытых дренажей вышли из строя, 710 непригодны. Из 6462 гидротехнических сооружений 2168 признаны неисправными, 1164 – непригодными [31].

Одним из важных условий благоприятного мелиоративного состояния земель является степень дренированности местности. Орошение с соответствующими режимами и технологиями регулирует водно-солевой режим почв на фоне осушения, продолжается процесс опреснения. Отметим, что строительство дренажа на орошаемых землях Сабирабадского, Саатлинского, Сальянского, Нефтчалинского и Гаджигабульского районов Муганской равнины завершено, однако в Билясуваре завершено на 41,0%, а в Имишли – на 57,11%. При этом в первой группе районов особое место занимает закрытый дренаж (0–0,03%), являющийся более надежной конструкцией, при этом значение этого показателя составляет 81,71 % в Билясуваре и 78,28 % в Имишли [31].

По методике Г.Ш.Мамедова [14] нами были проведены наблюдения за изменчивостью многолетних показателей плодородия (процентное содержание и запас гумуса, азота, фосфора, количество физической глины, количество сухого остатка, общее количество поглощенных оснований, показатель pH и др.) серо-коричневых, сероземно-луговых, лугово-сероземных, аллювиально-луговых почв Муганской равнины.

Исходя из цели наших исследований, была проанализирована изменчивость основных показателей плодородия почв Муганской равнины за период 40 лет. При этом сравнительный анализ исследований, проведенных разными исследователями, осуществлялся на основе двух исторических этапов (табл. 1).

Первый этап (1980–1985 гг.) – исследования М.П. Бабаева [21] и фондовые материалы Азербайджанского государственного научно-исследовательского института по землеустройству [23–25].

Второй этап (2015–2020 гг.) – результаты собственных исследований [30] и совре-

менные почвенные материалы Института почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана и Азербайджанского государственного научно-исследовательского института по землеустройству.

Таблица 1

Экологический мониторинг почв Муганской степи
Ecological monitoring of soils in the Mugan Desert

Показатели плодородия	Слой почвы, см	Серо-коричневые			Сероземно-луговые		
		1980–1985	2015–2020	Разница	1980–1985	2015–2020	Разница
<0,01 мм, %	0–100	53,16	55,35	+2,19	48,93	58,45	+9,52
<0,001 мм, %	0–100	24,38	26,45	+2,07	21,55	25,15	+3,60
Гумус, %	0–20	2,75	2,95	+0,20	2,32	2,44	+0,12
т/га		66,0	71,7	+5,7	55,0	58,07	+3,07
Азот, %	0–20	0,16	0,18	+0,02	0,14	0,16	+0,02
т/га		3,84	5,28	+1,56	3,3	4,52	+1,22
Фосфор, %	0–20	0,21	0,22	+0,01	0,17	0,20	+0,03
т/га		5,0	6,00	+1,0	4,0	5,24	+1,24
Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы	0–20	30,4	33,50	+1,10	29,53	31,60	+2,07
pH	0–100	7,9	7,8	-0,1	8,1	8,2	+0,1
Плотный остаток, %	0–100	0,12	0,35	+0,29	0,41	0,85	+0,44
Показатели плодородия	Слой почвы, см	Лугово-сероземные			Аллювиально-луговые		
		1980-1985	2010-2015	Разница	1980-1985	2010-2015	Разница
1	2	3	4	5	6	7	8
<0,01 мм, %	0–100		56,45	+2,15	48,30	54,25	+5,95
<0,001 мм, %	0–100	22,94	24,50	+1,56	18,04	21,50	+3,46
Гумус, %	0–20	2,01	2,15	+0,14	2,32	2,15	-0,17
т/га		47,0	52,48	+5,48	53,8	48,72	-5,08
Азот, %	0–20	0,14	0,15	+0,01	0,19	0,17	-0,02
т/га		3,3	3,58	+0,28	4,4	3,94	-0,46
Фосфор, %	0–20	0,18	0,19	+0,01	0,25	0,23	-0,02
т/га		4,2	4,86	+0,66	5,8	5,57	-0,03
Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы	0–20	25,42	27,35	+1,93	31,10	32,40	+1,3
pH	0–100	8,2	8,3	+0,1	8,1	8,0	-0,1
Плотный остаток, %	0–100	0,39	1,06	+0,67	0,26	0,45	+0,19

Нами изучено плодородие 4 типов почв Муганской равнины: серо-коричневых, сероземно-луговых, лугово-сероземных и аллювиально-луговых. Анализировались такие

признаки плодородия, как общее содержание и запасы гумуса, азота, фосфора, гранулометрический состав, общее количество погло-

ценных оснований, pH и содержание сухого вещества.

Кроме этого, для определения достоверности полученных результатов нами прове-

ден статистический математический анализ по Б.А. Доспехову [32], фрагмент из этой таблицы представлен ниже (табл. 2).

Таблица 2

Математическая обработка некоторых показателей плодородия сероземно-луговых и серо-коричневых почв Муганской степи
Mathematical processing of some indicators of crop-producing power of sierozem-meadow and gray-brown soils of the Mugan Desert

Показатели	Глубина, см	Среднее арифметическое, М, %	Среднее квадратическое отклонение, σ, %	Коэффициент изменчивости, С, %	Средняя ошибка, m, %	Показатель точности, Р, %	Степень достоверности, t	Количество наблюдений, n
<i>Сероземно-луговые почвы</i>								
Гумус, %	0–20	2,44	0,070	2,87	0,0200	0,820	62,00	19
	0–50	2,21	0,098	4,43	0,0200	0,900	70,00	18
	0–100	1,55	0,110	7,10	0,0300	1,90	51,60	17
Азот, %	0–20	0,17	0,006	3,16	0,0015	0,790	66,60	15
	0–50	0,15	0,007	4,66	0,0020	1,330	75,00	14
Фосфор, %	0–20	0,20	0,008	3,63	0,0040	1,820	55,00	15
	0–50	0,18	0,010	5,88	0,0040	2,670	37,50	15
СПО, мг-экв/100 г почвы	0–20	31,60	3,040	9,6	0,7600	2,400	41,57	16
	0–50	31,21	3,060	9,8	0,7600	2,430	41,00	16
<i>Серо-коричневые почвы</i>								
Гумус, %	0–20	2,95	0,007	0,23	0,0040	0,134	747,00	18
	0–50	2,40	0,056	2,33	0,0300	1,250	80,00	18
	0–100	1,90	0,035	1,57	0,0200	1,050	75,00	15
Азот, %	0–20	0,18	0,014	6,36	0,0080	3,630	15,71	15
	0–50	0,18	0,007	3,88	0,0040	2,220	45,00	13
Фосфор, %	0–20	0,22	0,006	2,40	0,0025	0,800	65,00	17
	0–50	0,21	0,007	3,33	0,0020	0,950	75,00	16
СПО, мг-экв/100 г почвы	0–20	33,50	2,370	7,40	0,8400	2,600	38,00	18
	0–50	32,70	1,660	5,10	0,5900	1,810	55,00	18

Как видно из табл. 1, по одним почвенным показателям наблюдался рост, по другим – снижение. Прежде всего, если рассмотреть количество гумуса, то, кроме аллювиально-луговых почв, наблюдалось его увеличение. Так, наибольший прирост наблюдался в серо-коричневых почвах – на 0,20%, за ними следуют лугово-сероземные почвы – на 0,14%, запасы гумуса в этих почвах также увеличились – на 5,7–3,07 т/га.

Произошло повышение и других показателей плодородия, например, содержание

общего азота возросло на 0,01–0,02%, валового фосфора – на 0,01–0,03%. Увеличение суммы поглощенных оснований наблюдалось во всех почвах в диапазоне 1,1–2,07 мг-экв/100 г. Только в показателях плодородия аллювиально-луговых почв не наблюдалось повышения: количество гумуса уменьшилось на 0,17%, запасы гумуса – на 5,08 т/га. Такое повышение плодородия земель Муганской равнины можно объяснить тем, что в течение 40 лет в результате интенсивной обработки происходило их окультурирование.

Серо-коричневые, сероземно-луговые и лугово-сероземные почвы не только стали орошаемыми высококультурными почвами, но и отразили негативные проявления процесса окультуривания, так как гранулометрический состав этих почв утяжелился, и почвы превратились в глинистые. Как видно из табл. 1, содержание физической глины в этих почвах возросло до 2,15–9,52%.

Другим осложнением является процесс засоления орошаемых земель Муганской равнины, что отражено в цифрах таблицы мониторинга. Слабое засоление наблюдалось на аллювиально-луговых почвах (+0,19%), среднее – на серо-коричневых (+0,29%), сильное – на лугово-сероземных (+0,67%) и сероземно-луговых почвах (+0,44%). При рассмотрении показателей pH мы наблюдаем увеличение ощелачивания в лугово-сероземных и сероземно-луговых почвах (+0,1) по сравнению с серо-коричневыми и аллювиально-луговыми почвами.

В связи с исключительной важностью процессов засоления для земель Муганской равнины нами также осуществлялся мониторинг засоленности земель изучаемой территории. Для достижения этой цели нами составлена карта засоления земель Муганской равнины (рисунок 1). На основе наших расчетов по карте мы сравнили показатели засоленности земель Муганской равнины по Г.Ш. Мамедову (2000 г.) [31] с результатами собственных исследований (2020 г.) (табл. 3).

Слабые агротехнические и мелиоративные мероприятия, несоблюдение норм орошения, накопление солей на поверхности почвы и другие нежелательные процессы, происходящие в этих почвах в течении многих лет, привели к засолению земель территории, а это, в свою очередь, отрицательно сказалось на плодородии почвенного покрова, из-за чего наблюдались изменения почвенных показателей Муганской равнины [33].

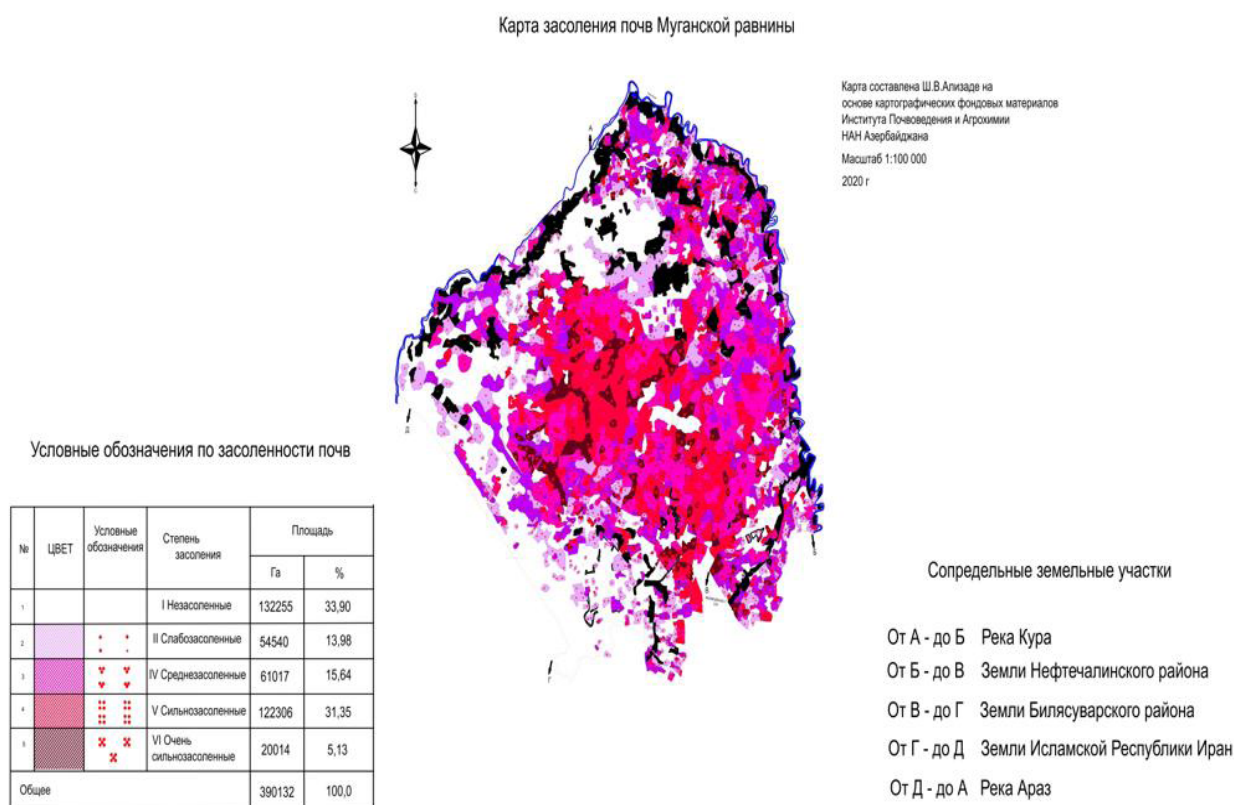


Рис. 1. Карта засоления земель Муганской равнины

Fig. 1. Land salinization map of the Mugan Desert

За 20 лет в результате нерационального использования земель Муганской равнины произошло сильное засоление почв, площадь засоленных земель возросла с 40 до 66%, в

частности, площадь умеренно засоленных почв увеличилась с 9,68 до 15,6, а сильнозасоленных — с 5,33 до 36,4 %.

Таблица 3

Состояние засоленности земель Муганской равнины, га/%
The state of salinity of the lands of the Mugan Desert, ha /%

Район	Общая площадь	Степень засоления в слое 1 м				
		Незасоленные	Засоленные	В том числе		
				слабо	средне	сильно
По Г.Ш. Мамедову (2000 г.)						
Биясувар	<u>38909</u>	<u>12050</u>	<u>26859</u>	<u>17260</u>	<u>8773</u>	<u>826</u>
	15,4	31,0	69,0	64,3	32,7	3,1
Саатлы	<u>47529</u>	<u>14504</u>	<u>33025</u>	<u>26222</u>	<u>6219</u>	<u>584</u>
	18,8	30,3	69,5	79,4	18,8	1,8
Сабирабад	<u>62041</u>	<u>32591</u>	<u>29450</u>	<u>22809</u>	<u>5262</u>	<u>1379</u>
	24,6	52,5	47,5	77,4	17,9	4,7
Сальян	<u>44905</u>	<u>6800</u>	<u>38105</u>	<u>18605</u>	<u>12100</u>	<u>7400</u>
	17,8	15,2	84,8	48,8	31,8	19,4
Имишли	<u>43551</u>	<u>17915</u>	<u>25636</u>	<u>9650</u>	<u>5381</u>	<u>10605</u>
	29,4	41,1	58,9	37,6	21,0	41,4
Общее	<u>390010</u>	<u>236935</u>	<u>153075</u>	<u>94546</u>	<u>37735</u>	<u>20794</u>
	100	60,76	39,24	24,23	9,68	5,33
По Ш.В. Ализаде (2020 г.)						
Общее	<u>390132</u>	<u>132255</u>	<u>257877</u>	<u>54540</u>	<u>61017</u>	<u>142320</u>
	100	33,90	66,10	13,98	15,64	36,48

ВЫВОДЫ

1. По результатам экологического мониторинга, проведенного на территории Муганской равнины, за 40 лет (1980–2020 гг.) на одних почвах произошло увеличение, а на других – уменьшение показателей плодородия. Наибольшим увеличением было в серо-коричневых почвах: содержание гумуса возросло на 0,20%, далее следуют лугово-сероземные почвы – на 0,14%. Количество общего азота повысилось на 0,01–0,02%, валового фосфора – на 0,01–0,03, сумма поглощенных оснований – на 1,1–2,07 мг-экв/100 г. В аллювиально-луговых почвах содержание одних показателей плодородия повысилось, а других – снизилось. Так, наблюдается снижение содержания гумуса на 0,17%, азота – на 0,02, фосфора – на 0,02% и увеличение суммы поглощенных оснований на 1,3 мг-экв/100 г, физической глины – на 9,52%.

2. На основе анализа современного состояния засоления орошаемых земель Муганской равнины установлено, что слабое засоление (+0,19%) наблюдается в аллювиально-луговых почвах, среднее (+0,29%) – в серо-коричневых, сильное – в лугово-сероземных (+0,67%) и в сероземно-луговых почвах (+0,44 %). За 40 лет исследуемая территория подверглась интенсивному засолению из-за неправильной мелиорации, площадь засоленных земель увеличилась с 39,24% (153075 га) до 66,1% (257877 га), из них площадь слабозасоленных почв уменьшилась с 24,23 до 13,98%, средnezасоленных – увеличилась с 9,68 до 15,6%, а площадь сильнозасоленных почв с 20794 га (5,33%) возросла до 142320 га (36,4%). Все это указывает на критичность ситуации и требует проведения неотложных и экстренных мер со стороны соответствующих структур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Monitoring soil for sustainable development and land degradation neutrality* / G. Tóth, T. Hermann, M.R. da Silva, L. Montanarella // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2018. – Vol. 190, N 57. – <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6415-3>.
2. Белорусцева Е.В. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения Нечерноземья с применением ГИС-технологий: дис. ... канд. географ. наук. – М., 2013. – 151 с.
3. Парфенов В.Г., Сивков Ю.В., Никифоров А.С. Экологический мониторинг почв нефтегазовых месторождений Западной Сибири // *Вестник ТГУ*. – 2014. – № 19, вып. 5. – С. 1708–1711.
4. *Environmental monitoring of soil pollution in urban areas (a case study from Heraklion city, Central Crete, Greece)* / E. Kokinou, C. Belonaki, D. Sakadakis, K. Sakadaki // *Bulletin of the Geological Society of Greece*. – 2017. – Vol. 47 (2). – P. 963–971. – DOI: 10.12681/bgsg.11136.
5. *Soil and soil environmental quality monitoring in China: a review* / Y. Teng, J. Jin Wu, S. Lu [et al.] // *Environment international*. – 2014. – Vol. 69. – P. 177–199. – DOI: 10.1016/j.envint.2014.04.014.
6. *Environmental Monitoring of Soils of Post-Industrial Mining Areas* / V. Pohrebennyk, P. Koszelnik, O. Mitryasova [et al.] // *Journal of Ecological Engineering*. – 2019. – Vol. 20(9). – P. 53–61.
7. Eugenio N.R., Naidu R., Colombo C.M. Global approaches to assessing, monitoring, mapping, and remediating soil pollution // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2020. – Vol. 192. – P. 601. – <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08537-2>.
8. *Environmental monitoring and ecological risk assessment of heavy metals in farmland soils* / S. Rostami, H. Kamani, S. Shahsavani, M. Hoseini // *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. – 2021. – Vol. 27, Is. 2. – P. 392–404. – <https://doi.org/10.1080/10807039.2020.1719030>.
9. *Agro-environmental monitoring of the application of mineral and organic fertilizers on dried Polish terrace soils* / V.I. Zatserkovnyi, N.V. Tsuman, P.I. Trofymenko [et al.] // *European Association of Geoscientists & Engineers, Conference Proceedings, Monitoring*. – 2019. – Vol. 2019. – P. 1–5. – DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201903259>.
10. *Design of Yunnan Province Soil Environmental Quality Monitoring and Analysis Platform Based on WebGIS* / W. Xu, H. Liang, W. Luo, X. Kang // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. – 2021. – Vol. 687. – P. 1–6. – DOI: 10.1088/1755-1315/687/1/012043.
11. *Design of ESP8266 in Environmental Monitoring System* / C. Zhang, Y. Qiao, R. Li, Z. Liu // *Open Access Library Journal*. – 2019. – Vol. 6, N 7. – P. 1–6. – DOI: 10.4236/oalib.1105546.
12. Исмаилова Н.А. Методология экологического мониторинга лесных угодий // *Сборник научных трудов Института мелиорации*. – 2019. – Т. XXIX. – С. 188–193.
13. Добровольский Г.В. Мониторинг и охрана почв // *Почвоведение*. – 1986. – № 1. – С. 14–17.
14. Мамедов Г.Ш. Экологическая оценка почв сельскохозяйственных и лесных угодий Азербайджана: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Днепропетровск, 1991. – 32 с.
15. Мотузова Г.В. Содержание, задачи и методы почвенно-экологического мониторинга // *Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв*. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – С. 80–104.
16. Мамедова С.З. Экологическая оценка и мониторинг земель Ленкоранского района Азербайджана. – Баку: Наука, 2006. – 370 с.
17. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – 1970. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
18. Абдуллаева Г.М. Экологический мониторинг горно-лесных коричневых и серо-коричневых почв бассейна рек Гусарчай-Гудялчай // *Сборник трудов Общества почвоведов Азербайджана*. – 2017. – Т. XI, ч. I. – С. 451–456.
19. Бабаев М.П., Гурбанов Э.А., Гасанов В.Х. Деградация и охрана земель в Азербайджане. – Баку: Наука, 2020. – 216 с.
20. Аскерова М.М. Принципы экологического мониторинга почв // *Сборник трудов Общества почвоведов Азербайджана*. – 2017. – Т. XI, ч. I. – С. 565–573.
21. Бабаев М.П. Орошаемые почвы Кура-Араксинской низменности и их производительная способность. – Баку: Наука, 1984. – 172 с.

22. Талибли С.М. Изменение некоторых показателей в почве на опытном поле Муганской равнины // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – Т. 21. – С. 426–429.
23. Почвенный покров Сальянского района и его рациональное использование / Азербайджан. гос. НИИ по землеустройству. – 1981. – 115 с.
24. Почвенный покров Билясуварского района и его рациональное использование / Азербайджан. гос. НИИ по землеустройству. – 1980. – 87 с.
25. Почвенный покров Саатлинского района и его рациональное использование / Азербайджан. гос. НИИ по землеустройству. – 1980. – 108 с.
26. Мамедов Г.Ш. Государственный земельный кадастр Азербайджанской Республики: правовые, научные и практические вопросы. – Баку: Наука, 2003. – 445 с.
27. Служба экологического мониторинга Министерства экологии и природных ресурсов АР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eco.gov.az/index.php?ln=az&pg296>. (дата обращения: 15.06.2022).
28. Джафаров А.Б. Агроэкологический мониторинг орошаемых земель Ленкоранского района // Сборник трудов Института почвоведения и агрохимии. – 2013. – Т. XIX. – С. 234–239.
29. Шабанов Дж.А. Экологический мониторинг почв бассейна реки Ленкоранчай. – Баку: Наука, 2005. – 167 с.
30. Huseynova Sh.V. Drawing up of the open and total bonitet scales in the Mugan plain soils from Azerbaijan // Annals of Agrarian Science. – 2016. – Vol. 14, Is. 3. – P. 205–211. – <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2016.07.006>.
31. Мамедов Г.Ш., Гашимов А.Ч., Джафаров Х.Ф. Экомелиоративная оценка засоленных и солонцеватых почв. – Баку: Наука, 2005. – 167 с.
32. Доспехов Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных. – М.: Колос, 1972. – 208 с.
33. Мустафаев М.К. Изменения некоторых показателей в разной степени засоленных почвах Муганской равнины // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – Т. 21. – С. 271–277.

REFERENCES

1. Tóth, G., Hermann, T., da Silva, M.R., Montanarella L., Monitoring soil for sustainable development and land degradation neutrality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2018, Vol. 190, No. 57, <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6415-3>.
2. Belorustseva E.V., *Monitoring zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya Nechernozem'ya s primeneniem GIS-tekhnologij* (Monitoring of agricultural lands of the Non-Chernozem region using GIS technologies), Abstract of the thesis. diss., Moscow, 2013, 151 p.
3. Parfenov V.G., Sivkov Yu.V., Nikiforov A.S., *Vestnik TGU*, 2014, No. 19, is. 5, pp. 1708–1711. (In Russ.)
4. Kokinou E., Belonaki C., Sakadakis D., Sakadaki K., Environmental monitoring of soil pollution in urban areas (a case study from Heraklion city, Central Crete, Greece), *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 2017, Vol. 47 (2), pp. 963–971, DOI: 10.12681/bgsg.11136.
5. Teng Y., Jin Wu J., Lu S., Wang Y., Jiao X., Song L., Soil and soil environmental quality monitoring in China: a review, *Environment international*, 2014, Vol. 69, pp. 177–199, DOI: 10.1016/j.envint.2014.04.014.
6. Pohrebennyk V., Koszelnik P., Mitryasova O., Dzhumelia E., Zdeb M., Environmental Monitoring of Soils of Post-Industrial Mining Areas, *Journal of Ecological Engineering*, 2019, Vol. 20 (9), pp. 53–61.
7. Eugenio N.R., Naidu R. & Colombo C.M., Global approaches to assessing, monitoring, mapping, and remedying soil pollution, *Environmental Monitoring and Assessment*, 2020, Vol. 192, pp. 601, <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08537-2>.
8. Rostami S., Kamani H., Shahsavani S., Hoseini M., Environmental monitoring and ecological risk assessment of heavy metals in farmland soils, *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 2021, Vol. 27, Is. 2, pp. 392–404, <https://doi.org/10.1080/10807039.2020.1719030>.

9. Zatserkovnyi V.I., Tsuman N.V., Trofymenko P.I., Bondar O.I., Balayev A.D., Agro-environmental monitoring of the application of mineral and organic fertilizers on dried Polish terrace soils, *European Association of Geoscientists & Engineers, Conference Proceedings, Monitoring*, 2019, Vol. 2019, pp. 1–5, DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201903259>.
10. Xu W., Hong Liang H., Wei Luo W., Kang X., Design of Yunnan Province Soil Environmental Quality Monitoring and Analysis Platform Based on WebGIS, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2021, Vol. 687, pp. 1–6, DOI:10.1088/1755-1315/687/1/012043.
11. Zhang C., Qiao Y., Li R., Z Liu Z., Design of ESP8266 in Environmental Monitoring System, *Open Access Library Journal*, 2019, Vol. 6, No. 7, pp. 1–6, DOI: 10.4236/oalib.1105546.
12. Ismailova N.A., *Sbornik nauchnyh trudov Instituta melioracii*, 2019, Vol. XXIX, pp. 188–193 (In Azerb.)
13. Dobrovolsky G.V., *Pochvovedenie*, 1986, No. 1, pp. 14–17. (In Russ.)
14. Mamedov G.Sh., *Ekologicheskaya ocenka pochv sel'skohozyajstvennyh i lesnyh ugodij Azerbajdzhana* (Ecological assessment of soils of agricultural and forest lands in Azerbaijan), Abstract of the thesis. diss., Dnepropetrovsk, 1991, 32 p. (In Azerb.)
15. Motuzova G.V., *Soderzhanie, zadachi i metody pochvenno-ekologicheskogo monitoringa* (Content, tasks and methods of soil-ecological monitoring), In the book: Soil-ecological monitoring and soil protection, Moscow: Publishing House of Moscow State University, 1994, pp. 80–104. (In Russ.)
16. Mamedova S.Z., *Ekologicheskaya ocenka i monitoring zemel' Lenkoranskogo rajona Azerbajdzhana* (Environmental assessment and monitoring of the lands of the Lankaran region of Azerbaijan), Baku: Science, 2006, 370 p. (In Azerb.)
17. Arinushkina E.V., *Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv* (Guide to the chemical analysis of soils), Moscow: Izdatel'stvo MGU, 1970, 488 p.
18. Abdullaeva G.M., *Sbornik trudov Obshchestva Pochvovedov Azerbajdzhana*, 2017, No. XI, Part I, pp. 451–456. (In Azerb.)
19. Babaev M.P., Gurbanov E.A., Gasanov V.Kh., *Degradaciya i ohrana zemel' v Azerbajdzhanе* (Land degradation and protection in Azerbaijan), Baku: Science, 2020, 216 p. (In Azerb.)
20. Askerova M.M., *Sbornik trudov Obshchestva Pochvovedov Azerbajdzhana*, 2017, No. XI, Part I, pp. 565–573. (In Azerb.)
21. Babaev M.P., *Oroshaemye pochvy Kura-Araksinskoj nizmennosti i ih proizvoditel'naya sposobnost'* (Irrigated soils of the Kur-Araks lowland and their productive capacity), Baku: Nauka, 1984, 172 p.
22. Talibli S.M., *Pochvovedenie i Agrohimiya*, 2018, No. 21, pp. 426–429. (In Azerb.)
23. *Pochvennyj pokrov Sal'yanskogo rajona i ee racional'noe ispol'zovanie* (Soil cover of the Salyan region and its rational use), Azerbaijan State Research Institute for Land Management, 1981, 115 p. (In Azerb.)
24. *Pochvennyj pokrov Bilyasuvarского rajona i ee racional'noe ispol'zovanie* (Soil cover of Bilasuvar region and its rational use), Azerbaijan State Research Institute for Land Management., 1980, 87 p. (In Azerb.)
25. *Pochvennyj pokrov Saatlinskogo rajona i ee racional'noe ispol'zovanie* (Soil cover of the Saatli region and its rational use), Azerbaijan State Research Institute for Land Management, 1980, 108 p. (In Azerb.)
26. Mamedov G.Sh., *Gosudarstvennyj zemel'nyj kadastr Azerbajdzhanskoj Respubliki: pravovye, nauchnye i prakticheskie voprosy* (State land cadastre of the Azerbaijan Republic: legal, scientific and practical issues), 2003, Baku: Science, 445 p. (In Azerb.)
27. *Sluzhba Ekologicheskogo Monitoringa Ministerstva Ekologii i Prirodnih Resursov AR* (Environmental Monitoring Service of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Azerbaijan), available at: <http://eco.gov.az/index.php?ln=az&pg296>. (In Azerb.)
28. Jafarov A.B., *Sbornik trudov Instituta Pochvovedeniya i Agrohimii*, 2013, No. XIX, pp. 234–239. (In Azerb.)
29. Shabanov J.A., *Ekologicheskij monitoring pochv bassejna reki Lenkoranchaj* (Ecological monitoring of soils in the Lenkoranchay river basin), Baku: Science, 2005, 167 p. (In Azerb.)

30. Huseynova Sh.V., Drawing up of the open and total bonitet scales in the Mugan plain soils from Azerbaijan, *Annals of Agrarian Science*, 2016, Vol. 14, Is. 3, pp. 205–211, <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2016.07.006>.
31. Mamedov G.Sh., Gashimov A.Ch., Jafarov H.F., *Ekameliorativnaya ocenka zasolennyh i soloncevatyh pochv* (Ecoreclamation assessment of saline and alkaline soils), Baku: Nauka, 2005, 167 p. (In Azerb.)
32. Dospekhov B.A., *Planirovaniya polevogo opyta i statisticheskaya obrabotka ego dannyh* (Planning a field experiment and statistical processing of its data), Moscow: Kolos, 1972, 208 p.
33. Mustafaev M.K., *Pochvovedenie i Agrohimiya*, 2018, No. 21, pp. 271–277. (In Azerb.)

ОТЗЫВЧИВОСТЬ СОИ НА ВНЕСЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА

¹Т.В. Гаврилец, кандидат биологических наук, доцент

²В.П. Данилов, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Е.А. Матенькова, кандидат биологических наук, доцент

¹А.Ф. Петров, кандидат сельскохозяйственных наук

^{1,2}Т.А. Садохина, кандидат сельскохозяйственных наук

²А.В. Кокорин, аспирант

¹ А.Н. Садохин, студент

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

E-mail: gavrilez_t_08@mail.ru

Ключевые слова: органическое удобрение, соя, микрофлора почвы, урожайность, структура урожая.

Реферат. Органические удобрения на основе куриного помета имеют разнообразный состав основных элементов питания и микроэлементов, в этом их преимущество над минеральными удобрениями. Внесение органических удобрений, полученных на основе куриного помета, улучшает биологическую активность почвы. Цель исследований – определить эффективность использования птичьего помета в качестве органического удобрения для сохранения биоресурсов почвы и повышения продуктивности сои. В процессе выполнения работы были испытаны новые органические удобрения на основе куриного помета, полученные при использовании кавитационно-вихревого теплогенератора методом переработки полусухого помета. Выявлено их влияние на микробиологические показатели почвы, рост, развитие и биометрические характеристики растений сои, фитосанитарное состояние посевов, урожайность и качество продукции. Установлено, что удобрения, полученные на основе куриного помета, способствуют улучшению микробиологических характеристик почвы, что повышает доступность элементов питания для растений. Отмечено изменение численности микомицетов в начале вегетации: снижение на 68 % при использовании Препарата 1 и увеличение на 35,6 % при применении азотных удобрений. Предпосевное внесение препаратов в почву и обработка по вегетации активизируют вегетативное развитие растений и способствуют повышению урожайности зеленой массы и зерна. Наибольший эффект получен при внесении под сою Препарата 2. Прибавка урожайности зерна сои составила 0,2–0,3 т/га, или 8–14 % к контролю. Установлено, что обработка препаратами улучшает структурные показатели растений сои: на 6–8 % увеличивается количество бобов на растении и на 18–23 % – масса зерен с одного растения. На 2–4 % возрастает сохранность растений к уборке.

SOYBEAN RESPONSE TO ORGANIC FERTILIZER BASED ON BIRD MANURE

¹T.V. Gavrillets, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor

²V.P. Danilov, Ph.D. in Agricultural Sciences

¹E.A. Matenkova, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor

¹A.F. Petrov, Ph.D. in Agricultural Sciences

^{1,2}T.A. Sadokhina, Ph.D. in Agricultural Sciences

²A.V. Kokorin, Postgraduate Student

¹A.N. Sadokhin, Student

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

E-mail: gavrilez_t_08@mail.ru

Keywords: organic fertilizer, soybean, soil microflora, productivity, crop structure.

Abstract. Organic fertilizers based on chicken manure have a diverse composition of basic nutrients and microelements, which is their advantage over mineral fertilizers. The introduction of organic fertilizers obtained based on chicken manure improves the biological activity of the soil. The study aims to determine the effectiveness of using bird droppings as an organic fertilizer to conserve soil bioresources and increase soybean productivity. In the

course of the work, the authors tested new organic fertilizers based on chicken manure obtained using a cavitation-vortex heat generator by processing semi-dry manure. Their influence on soil microbiological indicators, growth, development, and biometric characteristics of soybean plants, phytosanitary condition of crops, productivity, and product quality was revealed. The authors also found that fertilizers based on chicken manure help to improve the microbiological characteristics of the soil, which increases the availability of nutrients for plants. The authors note a change in the number of mycomycetes at the beginning of the growing season: a decrease of 68% with the use of Preparation 1 and an increase of 35.6% with the use of nitrogen fertilizers. Pre-sowing introduction of preparations into the soil and processing during the growing season activate the vegetative development of plants and contribute to an increase in the yield of green mass and grain. The greatest effect was obtained when preparation 2 was applied under soybean. The increase in soybean grain yield was 0.2–0.3 t/ha or 8–14% of the control. The authors also found that treatment with drugs improves the structural parameters of soybean plants: the number of beans per plant increases by 6–8%; by 18–23% - the mass of grains from one plant; the safety of plants for harvesting increases by 2–4%.

Соя – это важная культура, которая отзывчива на внесение удобрений. С агрономической точки зрения она является азотфиксатором, обогащает почву азотом, улучшает ее структуру. При благоприятных условиях соя может оставлять в почве до 50–80 кг/га азота [1].

Органические удобрения на основе куриного помета имеют разнообразный состав основных элементов питания и микроэлементов, в этом их преимущество над минеральными удобрениями [2]. Кроме того, переработанный птичий помет может улучшать физические, химические и биологические свойства почвы [3–5]. Органические удобрения не только обеспечивают питание культуры текущего сезона, но и оказывают существенное влияние на последующие культуры севооборота [6, 7]. Куриный помет как органическое удобрение применяется на разных культурах, обеспечивая их элементами питания [8]. Однако следует учитывать, что применение птичьего помета может приводить к загрязнению окружающей среды [9, 10].

В этой связи перспективным направлением использования птичьего помета в качестве удобрений становится его переработка, обеспечивающая доведение качественных показателей удобрений до необходимых технологических, удобрительных и санитарно-гигиенических параметров [11, 12].

Цель исследований – определить эффективность использования птичьего помета в качестве органического удобрения для сохранения биоресурсов почвы и повышения продуктивности сои.

Задачи исследований:

- выявить действие органических удобрений на основе куриного помета на микрофлору почвы;
- оценить рост и развитие растений сои в течение периода вегетации;

– определить урожайность сои на фоне применения органических удобрений, полученных из куриного помета.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2020–2021 гг. в полевых опытах в северной лесостепи Приобья Новосибирской области. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый, содержание органического углерода в почве 3,48 %, рН 5,3. Сумма поглощенных оснований – 58–61 мг-экв/100 г почвы.

По климатическим ресурсам это умеренно теплый, недостаточно увлажненный агроклиматический район. Среднегодовое количество осадков составляет 350–450 мм, из них 254 мм в теплый период года (апрель – сентябрь), за июнь – август выпадает 113–130 мм. Гидротермический коэффициент (по Селянинову) в период с температурой воздуха выше 10° С – 1,0–1,2. Сумма положительных температур выше + 10° С в среднем составляет 1880° С с отклонениями по годам от 1500 до 2250° С.

Вегетационный период 2020 г. по количеству осадков характеризовался (по обобщенному показателю – ГТК май–сентябрь – 1,29) как близкий к климатической норме, но с переменным по месяцам количеством осадков и недостатком влаги в июне (ГТК – 0,4) и во второй декаде июля (ГТК – 0,6). За вегетационный период 2021 г. сумма выпавших осадков составила 202 мм (ГТК – 0,9). За период с мая по август сумма температур выше 10° С равнялась 2090° С. В летние месяцы вегетации растений температура воздуха была на уровне среднемноголетнего значения и только в мае выше на 1,7–3,5° С. Осадки распределялись неравномерно.

Исследования проводились под культурой сои по паровому предшественнику. Схема опыта: контроль, куриный помет (без переработки), Препарат 1, Препарат 2 с добавками, азотные удобрения N_{60} . Изучались варианты органических удобрений на основе птичьего помета. Удобрения получены методом перегонки полусухого помета в виде 10 %-го раствора в воде с использованием кавитационно-вихревого теплогенератора. Помет обрабатывали при разных тепловых режимах (от 60 до 75° С), с использованием озона или без него.

Опыты закладывали в трехкратной повторности, расположение вариантов систематическое. Посевная и учетная площадь делянок 60 м² (4×15 м). Посев проводили в третьей декаде мая. Удобрения вносили в два срока: весной в почву под предпосевную культивацию и по вегетации, в период формирования зерна сои.

В лабораторных условиях было проведено определение химического состава переработанного куриного помета, контролем служили исходные образцы помета.

Почву для анализа отбирали в пахотном слое (0–20 см) в 10 точках делянки по диагонали. Таким образом получали смешанный образец для микробиологического анализа.

Численность основных групп микроорганизмов определяли общепринятым методом высева на плотные питательные среды: аммонификаторы – на МПА (мясо-пептонный агар); микроорганизмы, усваивающие минеральные формы азота, – на КАА (крахмало-аммиачный агар); аэробные азотфиксаторы – на среде Эшби по обрастанию комочков в процентах;

Целлюлозоразрушающие микроорганизмы на среде Гетчинсона по обрастанию комочков в процентах; биохимическую активность грибов – на среде Чапека.

Микроорганизмы высевали методом предельных разведений, инкубировали при температуре 28° С в течение 3–14 дней. Число выросших колоний с учетом содержания почвенной влаги, объема капли и разведения пересчитывали на численность микроорганизмов в 1 г абсолютно сухой почвы [13].

Влияние препаратов на основе куриного помета на формирование элементов структуры урожая и урожайность зерна сои оценивали путем отбора растений с учетной площади и прямого комбайнирования.

Результаты исследований статистически обработаны методом дисперсионного анализа с использованием программы SNEDEKOR.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате определения химического состава куриного помета установлено, что массовая доля сухого вещества переработанного куриного помета составляет 76,7 %, переработанного – 3,6; доля органического вещества в пересчете на сухое у исходного образца – 77,2, у переработанного – 81,6 %; рН исходных образцов 8,6, переработанных – 7,0. Содержание общего азота, фосфора и калия в пересчете на сухое в исходных образцах куриного помета было 4,04; 2,48 и 1,56 %. Под воздействием обработки их содержание в конечном продукте несколько повысилось (за исключением фосфора) и составило 5,56; 2,78 и 12,78 % соответственно. Таким образом, лабораторные исследования химического состава птичьего помета выявили повышение содержания основных элементов питания в переработанном курином помете по сравнению с переработанным.

При выращивании бобовых культур на черноземных почвах активизируется микрофлора, что способствует увеличению микробной биомассы. В таких условиях возрастает значение запасов питательных веществ в почве для формирования урожая [14]. В наших исследованиях при внесении птичьего помета в начале вегетационного периода наиболее значительно увеличивалась численность аммонифицирующих микроорганизмов в опытных вариантах (табл. 1). В сентябре численность аммонификаторов выше в варианте с внесением азотных удобрений в сравнении с контролем. Возможной причиной роста численности аммонификаторов является большее количество листового и корневого опада, растительных остатков в связи с повышением урожайности сои при внесении минеральных удобрений.

В начале вегетации сои при применении Препарата 1 и азотных удобрений возрастало количество бактерий, усваивающих минеральный азот (амилолитической микрофлоры на КАА). Препарат 2 снижал численность микроорганизмов этой группы. К концу вегетационного периода действие препаратов на бактерии, усваивающие минеральный азот, уменьшалось, и их количество приближалось к контролю.

Таблица 1

Численность микрофлоры чернозема выщелоченного под культурой сои, млн КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы (среднее за 2020–2021 гг.)
The number of the microflora of chernozem leached under soybean culture, million CFU per 1 g of absolutely dry soil (average for 2020–2021)

Вариант	Бактерии, усваивающие органический азот (МПА)		Бактерии, усваивающие минеральный азот (КАА)	
	июнь	сентябрь	июнь	сентябрь
Контроль	83,0	15,5	359,6	33,0
Куриный помет	229,6*	14,7	376,5	32,1
Препарат 1	350,0*	15,8	973,0*	29,5
Препарат 2 с добавками	373,1*	13,3	196,5	28,6
Азотные удобрения N ₆₀	373,3*	30,9*	590,0*	45,6
НСР _{0,5}	143,6	8,2	367,08	18,3

*Здесь и далее: достоверно на 95 %-м уровне.

Интенсивность микробиологических процессов трансформации азотсодержащих соединений в почве оценивали по коэффициенту минерализации. Установлено, что во всех вариантах опыта наблюдались активные процессы минерализации азотсодержащих соединений ($K_{\text{мин}} > 1$), при этом наиболее интенсивно данные процессы протекали в кон-

трольном варианте в июне. Внесение органических удобрений в варианте Препарат 2 с добавками снижало коэффициент минерализации в 8,6 раза по сравнению с контролем и в 3,2 раза по сравнению с внесением куриного помета. В сентябре значения коэффициентов минерализации опытных и контрольных образцов почвы были на одном уровне (табл. 2).

Таблица 2

Влияние применения удобрений на направленность почвенно-микробиологических процессов (среднее за 2020–2021 гг.)
Influence of fertilizer application on the direction of soil microbiological processes (average for 2020–2021)

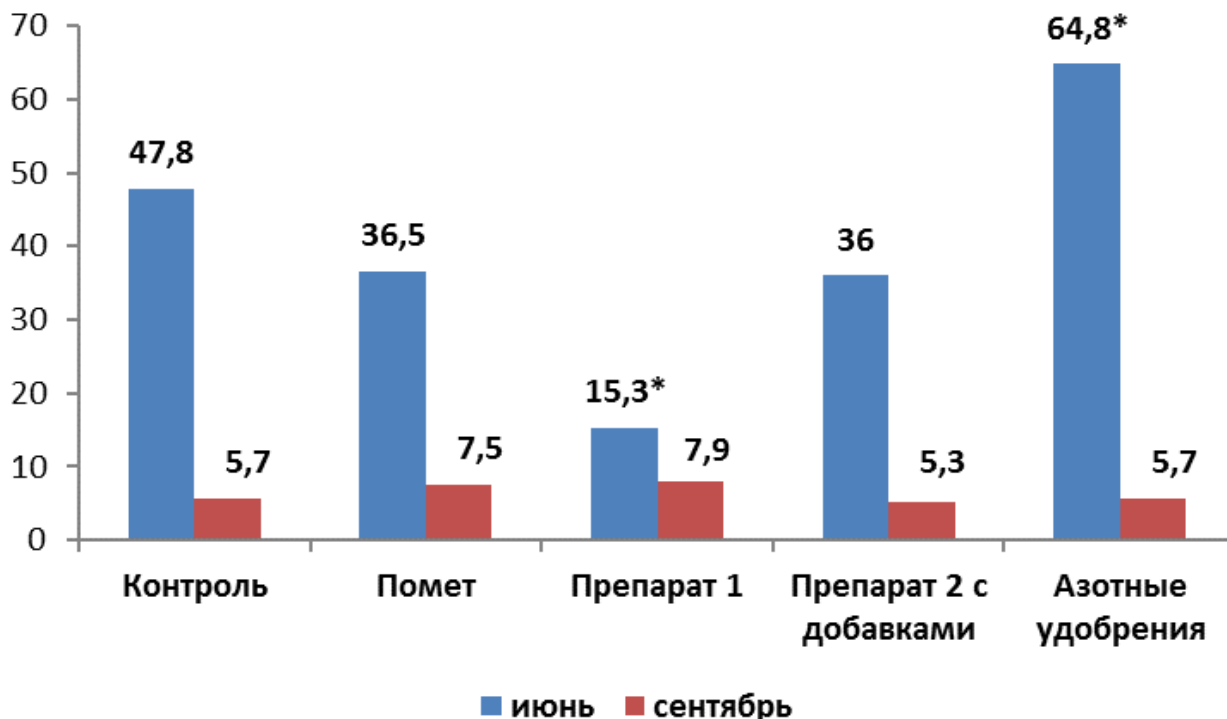
Вариант	Коэффициент минерализации КАА/МПА	
	июнь	сентябрь
Контроль	4,3	2,1
Куриный помет	1,6*	2,2
Препарат 1	2,8	1,9
Препарат 2 с добавками	0,5*	2,2
Азотные удобрения N ₆₀	1,6*	1,5
НСР _{0,5}	2,5	2,2

Численность микроскопических грибов в июне во всех вариантах опыта, кроме варианта с азотными удобрениями, была ниже уровня контроля. Снижение численности микроскопических грибов является положительной стороной применения удобрений, т.к. среди них имеется немало патогенных (рисунок).

Достоверные отличия выявлены при использовании Препарата 1. Статистически доказано увеличение микомицетов на фоне азотных удобрений, что, по мнению Е.Н. Мишустина [15], связано с поступлением в почву большого количества энергетического материала в виде листового опада, корнепоживных

остатков растений на удобренных делянках. К сентябрю существенных различий в численности микроскопических грибов не наблюдалось. Таким образом, отличия в почвенной

микрофлоре, осуществляющей деструкцию легкоразлагаемых органических остатков и дальнейшее превращение азота, нивелировались к концу вегетационного периода [16].



Численность микомицетов, тыс. в 1 г абсолютно сухой почвы.

Примечание: НСР_{0,5} (июнь)=15,9; НСР_{0,5} (сентябрь)=4,8

The number of mycomycetes, thousand per 1 g of absolutely dry soil. (CZA)10³ Note: SAD_{0,5} (Smallest Average Difference) (June)=15.9; SAD_{0,5} (September)=4.8

Запасы почвенного азота в значительной мере восполняются за счет биологического связывания его из атмосферы, которое осуществляется свободноживущими микроорганизмами и в процессе ассоциативной и симбиотической азотфиксации [17, 18].

Внесение куриного помета под сою приводило к увеличению численности бактерий рода *Azotobacter* по сравнению с контролем на 14,4 % (*Azotobacter* усиленно размножает-

ся в почвах, удобренных навозом, а также в разнообразных компостах, содержащих целлюлозу, т.к. хорошо ассимилирует вещества, образующиеся при распаде целлюлозы). На фоне применения азотных удобрений развития микроорганизмов этой группы в июне не отмечено. В сентябре численность азотфиксирующих микроорганизмов по всем вариантам увеличилась в 2–4 раза по сравнению с началом вегетационного периода (табл. 3).

Таблица 3

Численность бактерий рода *Azotobacter* на среде Эшби (среднее за 2020–2021 гг.), %
The number of bacteria of the genus *Azotobacter* on Ashby medium (average for 2020–2021), %

Вариант	Июнь	Сентябрь
Контроль	24,3	97,3
Куриный помет	38,7*	70,7*
Препарат 1	29,3	60,0
Препарат 2 с добавками	24,7	57,4*
Азотные удобрения N ₆₀	0	18,0*
НСР _{0,5}	10,5	16,2

Следовательно, внесение азотных удобрений вызывает кратковременное снижение численности *Azotobacter*, которая далее постепенно восстанавливается. В сентябре по сравнению с июнем количество азотфиксирующих бактерий в черноземе выщелоченном под действием куриного помета увеличивалось, но поступление азота от биологической фиксации в опытных вариантах меньше, чем в контроле.

В наших исследованиях определялось влияние препаратов на основе куриного помета не только на почвенную микрофлору, но и на рост и развитие растений сои. На основании полевого эксперимента установлено положительное влияние органических удобрений на формирование основных элементов структуры урожая сои: массу и высоту растений, количество ветвей, бобов, семян и массу семян с растения. При этом степень воздействия препаратов на формирование элементов

структуры урожая зависела от вида препарата.

Отмечено положительное влияние Препарата 1 и Препарата 2 на высоту растений сои, которое различалось в зависимости от фенологической фазы. В фазу ветвления высота в контроле составила 25,1 см, в вариантах с применением препаратов на основе куриного помета – на 2,8–3,2 см больше. Аналогичная тенденция прослеживалась и в фазу цветения. В фазу созревания высота в контрольном варианте составила 68,7 см, применение Препарата 1 и Препарата 2 оказало ростостимулирующее влияние – отмечено увеличение высоты растений на 4,1–5,0%.

Применение изучаемых препаратов на основе куриного помета способствовало более активному накоплению зеленой массы и сухого вещества в фазу цветения сои, которая достоверно увеличивалась на 3,0–3,5 и 0,5–0,8 т/га соответственно по сравнению с контролем (табл. 4).

Таблица 4

Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность зеленой массы сои (среднее за 2020–2021 гг.), т/га

Effect of organic and mineral fertilizers on the yield of soybean green mass (average for 2020–2021), t/ha

Вариант	Зеленая масса, т/га	Содержание сухого вещества, %	Сбор сухого вещества, т/га
Контроль	19,5	20,2	4,4
Куриный помет	21,0	19,6	4,1
Препарат 1	22,9	22,3	5,2
Препарат 2 с добавками	23,0	20,2	4,6
Азотные удобрения N ₆₀	20,5	20,6	3,8
НСР _{0,5}	2,1		

Основными элементами структуры урожая растений сои считаются: число стеблей на единицу площади, число боковых веточек, число продуктивных узлов, число бобов и семян на растении, масса 1000 семян и масса урожая с одного растения. В наших исследованиях ветвление стеблей было слабое – в основном было по 2 ветви, большинство из них с бобами. Но бобов было мало – 1–2 шт., поэтому ветвление не вносило существенного вклада в общую урожайность посевов сои. Стебли имели по 10 узлов, в том числе 8 узлов с бобами. Для изучаемого сорта сои такое количество узлов на стебле можно считать оптимальным, тем более что почти 70 % узлов – плодоносящие, имеющие бобы со зрелыми семенами.

Высота прикрепления нижнего боба должна быть не менее 10 см от корневой шейки. Максимальную высоту прикрепления нижне-

го боба – 12 см имели варианты с применением Препарата 1 и Препарата 2. В данных вариантах опыта преобладали двухсемянные и трёхсемянные бобы, малопродуктивных односемянных бобов в урожае было 7–18 %. На одном растении насчитывалось от 12 до 16 бобов, и их количество практически не зависело от вносимых удобрений. На количество бобов и завязываемость семян существенное влияние оказала воздушная и почвенная засуха периода цветения–образования бобов в 2021 г. (за вторую–третью декады июля выпало 4,4 мм осадков).

На одном растении в контрольном варианте насчитывалось 18 шт. семян. На фоне применения Препарата 1 и Препарата 2 этот показатель увеличился до 20 и 22 шт. с растения соответственно. Несмотря на то, что количество семян с одного растения по вариантам опыта изменялось незначительно, четко про-

слеживалась тенденция к увеличению массы семян с одного растения. Наибольшая масса семян с одного растения – 3,4–3,7 г получена в вариантах с использованием Препарата 1 и Препарата 2. Данный показатель на 8 % выше

контроля. Применение органических удобрений не отразилось на массе 1000 семян, во всех вариантах опыта этот показатель составлял 162–166 ±1,4 г (табл. 5).

Таблица 5

Влияние препаратов на основе куриного помета на формирование элементов структуры урожая сои (среднее за 2020–2021 гг.)

The influence of preparations based on chicken manure on the formation of soybean crop structure elements, the average for 2020–2021

Вариант	Высота перед уборкой, см	Количество бобов, шт.	Семян с 1 растения, шт.	Семян с 1 растения, г	Количество ветвей	Масса 1000 семян, г
Контроль	68,7	12	18	3,0	1,5	163
Куриный помет	72,1	13	21	3,2	1,4	155
Препарат 1	71,4	13,5	22	3,7	1,25	166
Препарат 2 с добавками	71,2	13	20	3,4	1,25	164
Азотные удобрения N ₆₀	70,4	12	20	3,2	1,5	163

Статистическая обработка результатов исследований показала наличие зависимости урожайности сои от массы семян с одного растения ($r = 0,79$).

В условиях лесостепной зоны Западной Сибири выявлено положительное влияние применения препаратов на основе куриного помета на урожайность сои (табл. 6).

Установлено, что предпосевное внесение препаратов в почву активизирует вегетативное развитие растений и способствует повышению урожайности зерна сои. Наибольший эффект получен при внесении Препарата 2, прибавка урожайности зерна сои составила 0,3 т/га, или 14 % к контролю.

Таблица 6

Урожайность и показатели качества зерна сои (среднее за 2020–2021 гг.)

Soybean grain yield and quality indicators (2020–2021 average)

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Показатель			Сбор, ц/га	
		влажность зерна	протеин, %	маслич - ность, %	протеин	жир
Контроль	2,1	8,3	38,3	19,9	8,8	4,5
Куриный помет	2,2	7,9	39,2	19,7	9,5	4,7
Препарат 1	2,3	7,8	37,6	20,3	9,7	5,3
Препарат 2	2,4	7,9	38,8	20,0	10,0	5,2
Азотные удобрения N ₆₀	2,2	7,7	40,7	19,2	10,2	4,8
НСР _{0,5}	1,6					

ВЫВОДЫ

1. Внесение органических препаратов стимулирует рост микрофлоры почвы, снижает количество условно-фитопатогенных грибов, не оказывая при этом фитотоксического действия.

2. При использовании препаратов из куриного помета наблюдается тенденция к увеличению урожайности зерна сои (до 0,3 т/га к контролю), улучшаются структурные показатели растений, увеличивается количество бобов на растении на 6–8% и на 18–23 г масса зерен с одного растения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mendes R., Garbeva P., Raaijmakers J.M. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms // FEMS Microbiol Rev. – 2013. – Vol. 37(5). – P. 634–663. – DOI: 10.1111/1574-6976.12028.
2. Лысенко В.П. Птичий помет – отход или побочная продукция // Птицеводство. – 2015. – № 6. – С. 55–56.
3. How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer?: A Review / M. Kyakuwaire, G. Olupot, A. Amoding [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2019. – Vol. 16 (19). – P. 3521. – DOI: 10.3390/ijerph16193521.
4. Effect of different organic fertilizers application on growth and environmental risk of nitrate under a vegetable field / S. Li, J. Li, B. Zhang [et al.] // Sci Rep. – 2017. – Vol. 7(1). – P. 17020. – DOI: 10.1038/s41598-017-17219-y; PMID: 29209063; PMCID: PMC5717230.
5. Седых В.А. Карауш П.Ю. Перспективы создания органических удобрений с заданными свойствами на основе птичьего помета (обзор) // Плодородие. – 2010. – № 6. – С. 14–15.
6. Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution / Yuhui Geng, Guojun Cao, Lichun Wang, Shuhua Wang // PLoS ONE. – 2019. – Vol. 14(7). – e0219512. – DOI:10.1371/journal.pone.0219512.
7. Griffiths N., Best practice guidelines for using poultry litter on pastures // Agnote DPI-212 / State of New South Wales (NSW) Department of Primary Industries. – Sydney, Australia, 2007. – С. 1–33.
8. Rethinking Manure Application: Increase in Multidrug-Resistant Enterococcus spp. in Agricultural Soil Following Chicken Litter Application / D.O. Fatoba, A.L.K. Abia, D.G. Amoako, S.Y. Essack // Microorganisms. – 2021. – Vol. 9(5). – P. 885. – DOI: 11.3390/microorganisms9050885; PMID: 33919134.
9. Антонова О.И., Калпокас В.В. Удобрительная, токсикологическая и ветеринарно-санитарная характеристика органического удобрения на основе куриного помета // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6 (188). – С. 58–63.
10. Брюханов А.Ю., Васильев Э.В., Шалавина Е.В. Проблемы обеспечения экологической безопасности животноводства и наилучшие доступные методы их решения // Региональная экология. – 2017. – № 1 (47). – С. 37–43.
11. Звездин В. В. Ускоренная утилизация куриного помета и получение на его основе высококачественных удобрений методом биологической обработки // Достижения ЭМ-технологии в России: сб. науч. тр. – М.: ЭМ-корпорация, 2004. – С. 224–226.
12. Hochmuth G., Hochmuth R., Mylavarapu R. Using Composted Poultry Manure (Litter) in Mulched Vegetable Production, revised ed. / University of Florida (UF) IFAS Extension SL 293. – Gainesville, FL, USA, 2016. – P. 1–8.
13. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии / пер. с венг. И.Ф. Куренного. – М.: Колос, 1983. – 296 с.
14. Влияние органических удобрений на основе птичьего помёта на продуктивность кормовых культур и микробиологические показатели почвы / Т. А. Садохина, В. П. Данилов, А. Ф. Петров, Е.А. Матенькова, Т.В. Гаврилец, К.Н. Рыбакова // Вестник НГАУ. – 2021. – № 4(61). – С. 62–72.
15. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. – М.: Наука, 1972. – 344 с.
16. Ферাপонтова С.А., Коробова Л.Н. Экологическое последствие для микрофлоры почвы интенсивного выращивания лука в однолетней культуре // Вестник НГАУ. – 2015. – № 2 – С. 70–76.
17. Биопрепараты и регуляторы роста в ресурсосберегающем земледелии: учебное пособие / сост. В.А. Гущина, А.А. Володькин. – Пенза: ПГАУ, 2016. – 206 с.
18. Влияние комплексного применения удобрений и биопрепаратов на эффективное плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность ячменя / Н.Н. Шулико, О.Ф. Хамова, Н.А. Воронкова, Е.В. Тукмачева, В.Д. Дороненко // Агрохимия. – 2019. – № 2. – С. 13–20.

REFERENCES

1. Mendes R., Garbeva P., Raaijmakers J.M., The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms, *FEMS Microbiol Rev.*, 2013, Vol. 37 (5), pp. 634–663, DOI: 10.1111/1574-6976.12028.
2. Lysenko V.P., *Pticevodstvo*, 2015, No. 6, pp. 55–56 (In Russ.).
3. Kyakuwaire M., Olupot G., Amoding A. [et. al.], How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer?: A Review, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, Vol. 16 (19), pp. 3521, DOI:10.3390/ijerph16193521.
4. Li S., Li J., Zhang B., Li D., Li G., Li Y., Effect of different organic fertilizers application on growth and environmental risk of nitrate under a vegetable field, *Sci Rep.*, 2017, Vol. 7(1), pp. 17020, DOI: 10.1038/s41598-017-17219-y; PMID: 29209063; PMCID: PMC5717230.
5. Sedyh V.A., Karaush P.YU., *Plodorodie*, 2010, No. 6, pp. 14–15. (In Russ.)
6. Geng Yuhui, Cao Guojun, Wang Lichun, Wang Shuhua, Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution, *PLoS ONE*, 2019, Vol. 14 (7), e0219512, DOI:10.1371/journal.pone.0219512.
7. Griffiths N. Best practice guidelines for using poultry litter on pastures, *Agnote DPI-212; State of New South Wales (NSW) Department of Primary Industries*, Sydney, Australia, 2007, pp. 1–33.
8. Fatoba D.O., Abia A.L.K., Amoako D.G., Essack S.Y., Rethinking Manure Application: Increase in Multidrug-Resistant Enterococcus spp. in Agricultural Soil Following Chicken Litter Application, *Microorganisms*, 2021, Vol. 9 (5), pp. 885, DOI: 11.3390/microorganisms9050885.PMID: 33919134.
9. Antonova O.I., Kalpokas V.V., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 6 (188), pp. 58–63. (In Russ.)
10. Bryuhanov A.YU., Vasil'ev E.V., SHalavina E.V., Regional'naya ekologiya, 2017, No. 1 (47), pp. 37–43. (In Russ.)
11. Zvezdin, V.V., *Dostizheniya EM-tekhnologii v Rossii* (Achievements of EM technology in Russia), Proceedings of the Conference Title, Moscow: EM korporaciya, 2004, pp. 224–226. (In Russ.)
12. Hochmuth, G., Hochmuth, R., Mylavarapu R., Using Composted Poultry Manure (Litter) in Mulched Vegetable Production, revised ed., University of Florida (UF) IFAS Extension SL 293, Gainesville, FL, USA, 2016, pp. 1–8.
13. Segi J., *Metody pochvennoj mikrobiologii* (Soil microbiology methods), Moscow: Kolos, 1983, 296 p.
14. Sadohina T.A. [i dr.], *Vestnik NGAU*, 2021, No. 4 (61), pp. 62–72. (In Russ.)
15. Mishustin E.N., *Mikroorganizmy i produktivnost' zemledeliya* (Microorganisms and agricultural productivity), Moscow: Nauka, 1972, 344 p.
16. Ferapontova S.A., Korobova L.N., *Vestnik NGAU*, 2015, No. 2, pp. 70–76. (In Russ.)
17. *Biopreparaty i regulatory rosta v resursosberegayushchem zemledelii* (Biologicals and growth regulators in conservation agriculture), sostaviteli V.A. Gushchina, A.A. Volod'kin, Penza: PGAU, 2016, 206 p.
18. Shuliko N.N., Khamova O.F., Voronkova N.A., Tukmacheva E.V., Doronenko V.D., *Agrochemis-try*, 2019, No. 2, pp. 13–20. (In Russ.)

ТРАНСФОРМАЦИЯ ВОДО- И ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ РЕГИОНОВ СИБИРИ (1990–2020 гг.)

А.П. Демин, доктор географических наук

Институт водных проблем Российской академии наук, Москва, Россия

E-mail: deminap@mail.ru

Ключевые слова: мелиоративное состояние орошаемых земель, техническое состояние оросительных систем, площадь фактически политых земель, водопотребление.

Реферат. Вопрос трансформации водо- и землепользования в орошаемом земледелии регионов Сибири остается недостаточно изученным. Его исследование, особенно за длительный период времени, является весьма актуальным. С 1990 по 2020 г. площадь орошаемых земель в Сибири сократилась с 526 до 334 тыс. га. В некоторых субъектах федерации площадь орошения сократилась в 2–2,5 раза, в Республике Хакасия и Новосибирской области снизилась незначительно. В 1990 г. не использовалось в сельскохозяйственном производстве 15,9 тыс. га орошаемых земель (3%), в значительной степени из-за засоления и заболачивания почв, в 2020 г. – 6,8 тыс. га. Требуется наращивать долю кормовых культур в орошаемых севооборотах для повышения плодородия почвы, увеличения производства кормов и продукции животноводства. За счет списания худших земель в некоторых регионах (Республика Тыва, Томская область) отмечается рост доли земель с хорошим мелиоративным состоянием и снижение доли земель с неудовлетворительным состоянием. В целом же по Сибирскому округу доля земель с хорошим мелиоративным состоянием заметно снизилась, особенно за 2010–2020 гг. Земли, оборудованные коллекторно-дренажной сетью, имеются только в Алтайском крае и Омской области. Резко возросла площадь, на которой требуется проведение капитальных работ для повышения технического уровня оросительных систем (с 10–25% в 1990 г. до 80–90% в некоторых регионах в 2020 г.). Показано, что площадь фактически политых орошаемых земель в Сибири поступательно снижалась: с 461 тыс. га в 1990 г. до 64 тыс. га в 2020 г. Количество дождевальных машин и установок сократилось в 17 раз, а объем водопотребления – в 10 раз. В последние годы растет государственная поддержка субъектов, осуществляющих производство на мелиорированных землях.

TRANSFORMATION OF WATER AND LAND USE IN IRRIGATED AGRICULTURE IN THE REGIONS OF SIBERIA (1990–2020)

A.P. Demin, Doctor of Geographical Sciences

Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

E-mail: deminap@mail.ru

Keywords: ameliorative state of irrigated lands, the technical condition of irrigation systems, area of actually irrigated lands, water consumption.

Abstract. The transformation issue of water and land use in irrigated agriculture in Siberian regions remains insufficiently studied. The study of this issue, especially over a long period, is very relevant. From 1990 to 2020 the area of irrigated land in Siberia decreased from 526 thousand hectares to 334 thousand hectares. In some subjects of the federation, the irrigation area decreased by 2–2.5 times in the Republic of Khakassia, and in the Novosibirsk region, it decreased slightly. In 1990, 15.9 thousand hectares of irrigated land (i.e., 3% of all irrigated land) were not used in agricultural production largely due to soil salinization and waterlogging. In 2020, there were 6.8 thousand hectares of such land. It is necessary to increase the share of fodder crops in irrigated crop rotations to improve soil fertility as well as to increase the production of fodder and livestock products. Due to the write-off of the worst lands in some regions (Republic of Tyva, Tomsk region), there is an increase in the share of lands with a good reclamation condition and a decrease in the share of lands with an unsatisfactory condition. In general, the share of lands with the good ameliorative condition in the Siberian District has noticeably decreased, especially from 2010 to 2020. Lands equipped with a collector-drainage network are available only in the Altai Territory and the Omsk Region. The area requiring capital work to improve the technical level of irrigation systems has sharply increased (from 10–25% in 1990 to 80–90% in some regions in 2020). The authors found that the area of actually irrigated lands in Siberia progressively decreased from 461 000 hectares in 1990 to 64 000 hectares in 2020. The

number of sprinkling machines and installations decreased by 17 times, and the volume of water consumption - by ten times. In recent years state support for entities engaged in mining on reclaimed lands has been strengthened.

Проблемы, связанные с обеспечением продовольственной безопасности, сохранением и восстановлением природных ресурсов, являющихся основой жизнеобеспечения населения, представляют особую важность среди многих социально-экономических и экологических проблем, стоящих перед Россией. В условиях, когда значительная часть сельскохозяйственных угодий расположена в зоне рискованного земледелия с недостаточным и неустойчивым увлажнением, с часто повторяющимися засухами и суховеями, повышение продуктивности и устойчивое развитие земледелия невозможно без проведения комплексных мелиораций. Практика нескольких десятилетий неоспоримо доказала насущную необходимость и перспективность локального орошаемого земледелия в зоне неустойчивого увлажнения Сибири [1–7].

Вопрос региональных особенностей трансформации орошаемого сектора АПК в Сибири до сих пор остается недостаточно изученным. Слабо представлены данные по мелиоративному состоянию орошаемых земель, площади орошаемых сельскохозяйственных угодий, не используемых в сельскохозяйственном производстве, площади фактически поливаемых угодий, как в пространственном, так и во временном аспектах. Все это является предметом исследования настоящей работы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве исходных материалов использовались в первую очередь данные региональных ФГБУ «Управление мелиорации земель» – показатели по оценке и учету мелиоративного состояния орошаемых сельскохозяйственных угодий и технического состояния оросительных систем (мелиоративные кадастры), информация Росводресурсов об использовании воды на орошение. Привлекались региональные доклады о ходе и результатах реализации государственных программ в сфере развития сельского хозяйства, содержащие сведения о выполнении подпрограмм по развитию мелиорации земель сельскохозяйственного назначения, данные по наличию сельскохозяйственной техники, отдельные научные публикации [8–18].

В ноябре 2018 г. указом президента РФ Республика Бурятия и Забайкальский округ

были переведены из состава Сибирского федерального округа в состав Дальневосточного федерального округа. Вся нижеследующая статистическая информация по Сибирскому федеральному округу приведена в границах современного округа.

В соответствии с поставленными задачами исследование проведено на основе системного подхода с использованием следующих методов: 1) аналитического (сбор и систематизация первичной информации по количественным и качественным характеристикам мелиоративного состояния орошаемых угодий и технического состояния оросительных систем, продуктивности угодий); 2) специальных (на основе собранных материалов были составлены таблицы, построены диаграммы и карты); 3) статистической обработки данных и сравнительного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Мелиоративное производство привнесло в сельское хозяйство характерные черты индустриального производства, главная из которых – более высокая территориальная концентрация производительных сил с гарантированными результатами высококвалифицированного труда. Однако в постсоветский период в связи с экономическим кризисом существенно сократились как площадь орошаемых земель в абсолютном выражении, так и их доля в структуре сельхозугодий. Наиболее высокими темпами происходило сокращение площадей под ценными культурами, прежде всего, под картофелем и овоще-бахчевыми, возделывание которых обеспечивает высокую эффективность орошаемого земледелия. Так, в Сибирском ФО площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий уменьшилась с 525,6 тыс. га в 1990 г. до 334,2 тыс. га в 2020 г., или более чем на треть (рис. 1).

Особенно быстрыми темпами разрушение поливного потенциала происходило в 1990-е гг. Из регионов Сибири максимально площадь орошаемых земель сократилась в Алтайском крае и Иркутской области – в 2,3–2,5 раза. В большинстве субъектов орошаемых площадей стало меньше в 1,4–1,9 раза. В то же время в Республике Хакасия и Новосибирской области сохранились почти все орошаемые угодья (табл. 1).

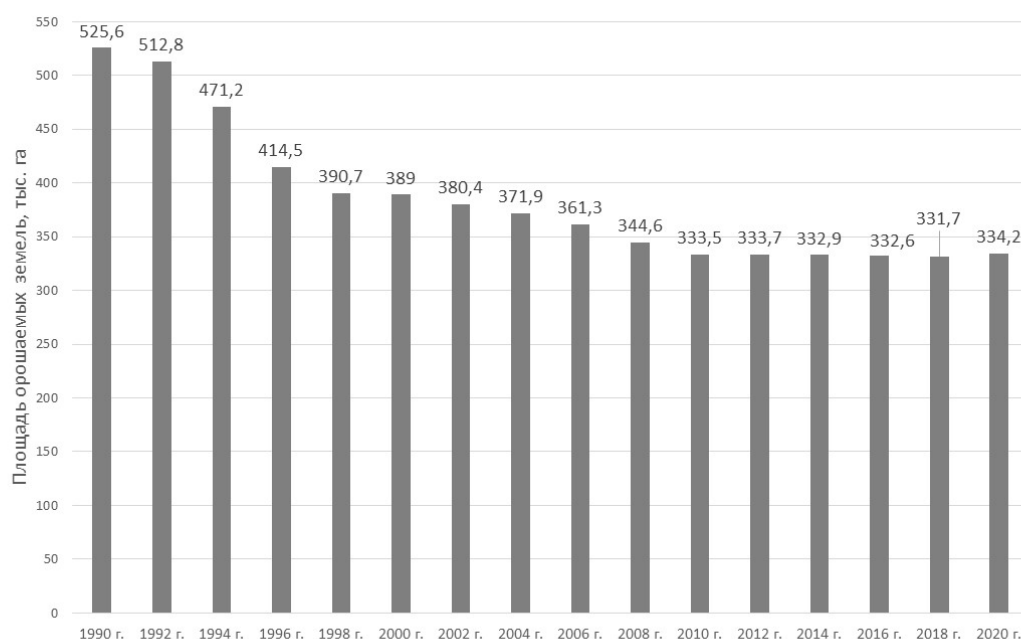


Рис. 1. Динамика площади орошаемых земель в современных границах Сибирского федерального округа
Fig. 1. Dynamics of the area of irrigated lands within the modern borders of the Siberian Federal District

Таблица 1

Динамика площади орошаемых сельскохозяйственных угодий по субъектам федерации
Сибирского федерального округа, тыс. га
Dynamics of the area of irrigated agricultural lands by constituent entities of the
Siberian Federal District, thousand ha

Субъект федерации	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2018 г.	2020 г.
Сибирский ФО	525,6	444,3	389	370,1	333,5	333,19	331,651	334,165
Республика Алтай	10,9	6,7	6,7	6,7	6,7	6,795	6,790	6,790
Республика Тыва	42,7	36,0	28,1	33,2	33,2	33,260	33,260	33,260
Республика Хакасия	52,6	50,2	51,9	52,1	52,1	52,119	50,502	50,502
Алтайский край	160,4	134,4	105	86,9	69,9	69,924	69,784	69,784
Красноярский край	24,7	21,1	19,5	19,4	19,3	19,347	19,347	19,347
Иркутская область	32,1	27,6	27,1	26,0	12,6	12,598	12,598	12,598
Кемеровская область	42,2	31,1	26,1	21,8	21,6	21,662	21,662	21,662
Новосибирская область	40,9	39,3	36,7	36,7	36,7	35,834	35,834	36,900
Омская область	111,2	91,2	83,4	83,4	77,9	78,349	78,574	78,864
Томская область	7,9	6,7	4,5	3,9	3,5	3,300	3,300	4,458

Значительная часть орошаемых земель Сибири не использовалась в сельскохозяйственном производстве из-за различных причин – выхода из строя оросительной сети, заболачивания, засоления и пр. Если в 1990 г.

в округе не использовалось около 16 тыс. га, то в 2000–2013 гг., по данным региональных управлений мелиорации земель, эта цифра доходила до 30–36 тыс. га (рис. 2).

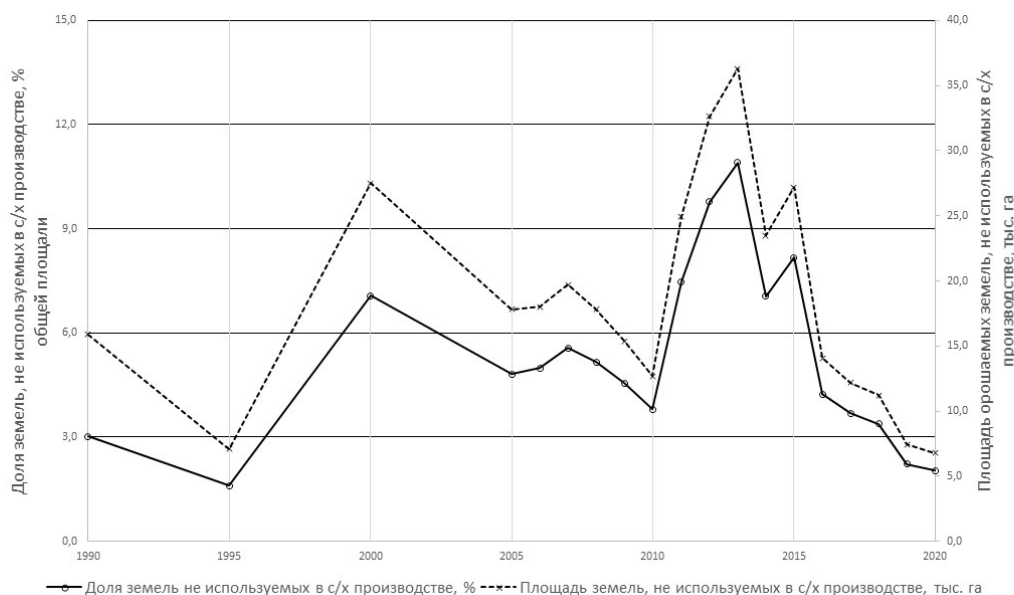


Рис. 2. Площадь орошаемых земель Сибирского ФО и доля земель, не используемых в сельскохозяйственном производстве

Fig.2. The area of irrigated land in the Siberian Federal District and the share of land not used in agricultural production

После утверждения в 2013 г. Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» во всех регионах стали проводиться значительные работы по вовлечению в сельскохозяйственное производство не используемых земель, и площадь их в Сибири стала поступательно сокращаться [17]. За 2013–2020 гг. доля орошаемых земель, не используемых в производстве продукции, снизилась с 11 до 2%.

Из общей площади орошаемых угодий в 2020 г. не использовалось в сельскохозяйственном производстве Томской области 15,7% земель, в Республиках Алтай и Хакасия – 8–10%, в значительной степени из-за засоления и заболачивания почв. Характерно, что в 1990 г. соответствующая относительная величина составляла в Республике Хакасия только 3,8% орошаемых земель, а в двух других субъектах неиспользуемых земель не было (табл. 2).

Таблица 2

Площадь и доля орошаемых земель субъектов федерации Сибирского ФО, не используемых в сельскохозяйственном производстве

The area and share of irrigated lands of the constituent entities of the Siberian Federal District and lands not used in agricultural production

Субъект федерации	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Сибирский ФО	15,9/3,0	7,1/1,6	27,5/7,1	17,8/4,8	12,7/3,8	27,2/8,2	6,8/2,0
Республика Алтай	0,0/0,0	0,3/4,5	0,3/4,5	0,4/6,0	0,4/6,0	0,47/6,9	0,65/9,6
Республика Тыва	0,0/0,0	0,9/2,5	1,0/3,6	0,0/0,0	0,0/0,0	12,13/36,5	0,0/0,0
Республика Хакасия	2,0/3,8	0,0/0,0	14,2/27,4	14,2/27,3	8,3/15,9	11,36/21,8	3,84/7,6
Алтайский край	0,9/0,6	2,8/2,1	9,8/9,3	0,4/0,5	1,6/2,3	0,0/0,0	0,0/0,0
Красноярский край	0,4/1,6	0,2/0,9	0,4/2,1	1,0/5,2	1,9/9,8	1,63/8,4	0,20/1,0
Иркутская область	3,0/9,3	1,8/6,5	0,1/0,4	0,1/0,4	0,5/4,0	0,85/6,8	0,35/2,7
Кемеровская область	0,8/1,9	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0
Новосибирская область	3,7/9,0	1,1/2,8	1,7/4,6	1,7/4,6	0,0/0,0	0,76/2,1	1,07/2,9
Омская область	5,1/4,6	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0
Томская область	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,70/15,7

Примечание. В числителе – площадь орошаемых земель, не используемых в сельскохозяйственном

производстве, тыс. га; в знаменателе – их доля, % от общей площади.

Преобразования в сельском хозяйстве привели к некоторым изменениям в структуре орошаемых сельскохозяйственных угодий Сибири. На несколько процентов снизилась доля пашни, неизменной осталась доля многолетних насаждений, немного выросла доля пастбищ и залежи. Изменилась и структура посевов на орошаемой пашне в регионах. Резко снизилась доля кормовых культур (в первую очередь, кукурузы на силос, многолетних и однолетних трав) и выросла доля интенсивных технических культур. Ликвидация научно обоснованных севооборотов ведет к снижению плодородия и росту эрозии почв. Кроме того, резко снизилось производство кормов, что привело к падению производства продукции животноводства.

На фоне резкого сокращения площади орошаемых земель за счет списания худших земель в некоторых регионах Сибири (Республика Тыва, Томская область) отмечается рост доли земель с хорошим мелиоративным состоянием на 20–30 процентных пункта (п. п.) за 1990–2020 гг. и снижение доли земель с неудовлетворительным состоянием. В целом же по округу доля земель с хорошим мелиоративным состоянием заметно снизилась, особенно за последние годы. Довольно быстро этот процесс происходил в Республике Хакасия, Алтайском крае, Новосибирской и Томской областях, где доля земель с хорошим мелиоративным состоянием сократилась в 2010–2020 гг. на 20–40 п.п.

В значительной мере ухудшение мелиоративного состояния орошаемых земель связано с подъемом уровня грунтовых вод из-за отсутствия коллекторно-дренажной сети. В настоящее время орошаемые земли с коллекторно-дренажной сетью имеются только в двух регионах Сибири – Алтайском крае (14,7 тыс. га) и Омской области (3,6 тыс. га), что составляет соответственно 21 и 5% орошаемой площади. В целом по Сибирскому федеральному округу площадь орошаемых земель, оборудованная дренажем, снизилась с 30,9 тыс. га в 1990 г. до 18,3 тыс. га в 2020 г.

Резко возрастает площадь, на которой требуется проведение капитальных работ для повышения технического уровня оросительных систем. Если в 1990 г. удельный вес таких земель в общей площади орошаемых земель большинства регионов Сибири составлял 10–25%, то к 2020 г. он утроился и достиг 30–60% (табл. 3). По существу, каждый второй орошаемый гектар в Сибирском федеральном округе в последние годы не работал в полную силу из-за различных строительных недоделок, плохой эксплуатации, длительного отсутствия ремонта. В республиках Тыва, Хакасия, Красноярском крае, Кемеровской области доля орошаемых земель, на которой требуется проведение капитальных работ, составляет в настоящее время 80–90%, что говорит об их крайне неудовлетворительном техническом состоянии.

Таблица 3

Доля орошаемых земель, на которых требуется проведение капитальных работ для повышения технического состояния оросительных систем, % общей площади
Share of irrigated lands requiring capital works to improve the technical condition of irrigation systems, % of the total area

Субъект федерации	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Сибирский ФО	29,4	28,9	37,3	48,7	47,6	45,7	47,4
Республика Алтай	11,0	28,4	46,3	56,7	46,3	45,5	11,0
Республика Тыва	24,4	7,2	0,0	14,8	14,8	100,0	85,0
Республика Хакасия	26,0	25,1	68,8	66,2	65,2	70,8	83,7
Алтайский край	42,6	28,4	40,0	52,7	60,9	0,0	2,5
Красноярский край	16,2	21,3	57,4	65,5	79,8	87,8	87,8
Иркутская область	26,5	40,9	37,6	75,4	81,6	0,0	0,0
Кемеровская область	22,0	35,0	56,7	68,3	73,1	88,6	92,3
Новосибирская область	17,1	49,4	42,0	55,3	23,8	48,5	60,9
Омская область	27,6	28,1	14,3	27,8	29,8	30,2	30,7
Томская область	17,7	19,4	15,6	10,3	17,1	54,5	38,1

Площадь земель Сибири, входящих в состав орошаемых угодий и которые фактически поливаются, поступательно снижалась с

1990 г. Если в 1990 г. было полито 461 тыс. га земель, в 2000 г. – 208 тыс. га, то в 2020 г. – только 64 тыс. га, или в 7 раз меньше (рис.

3). В 1990 г. доля фактически политых орошаемых сельскохозяйственных угодий только в двух из 10 рассматриваемых регионов была ниже 70%, а в пяти регионах превышала 90%.

Спустя 10 лет только в одном регионе поливалось более 70% земель с оросительной сетью (табл. 4).

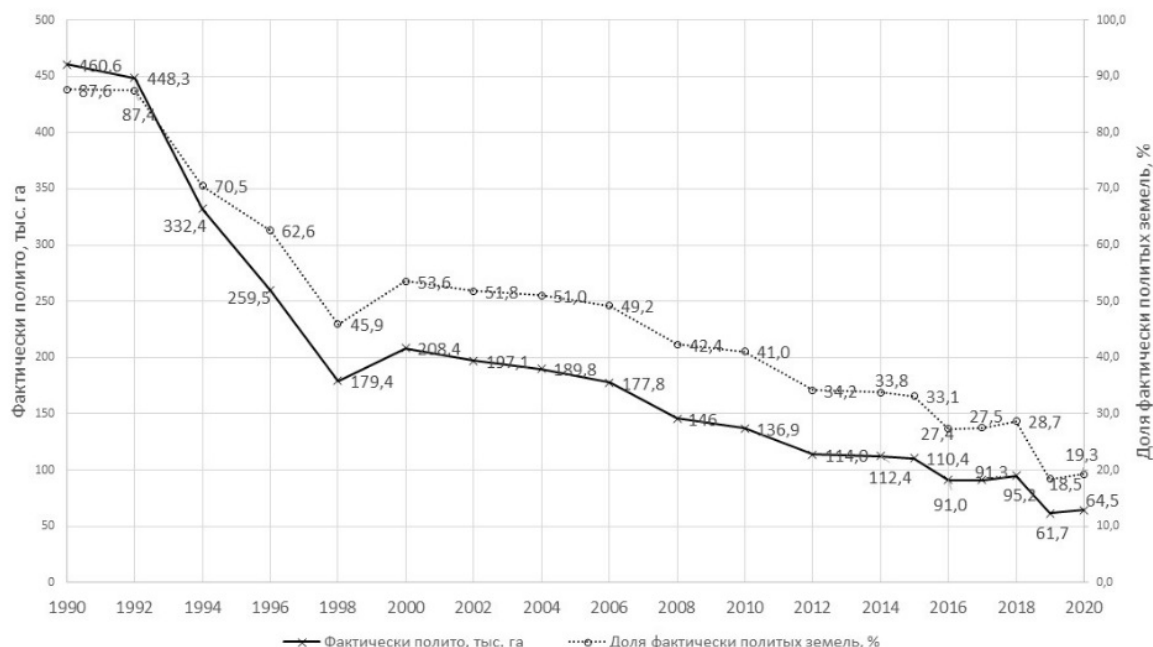


Рис. 3. Площадь фактически политых земель в Сибирском ФО и их доля в площади орошаемых земель

Fig. 3. The area of actually irrigated lands in the Siberian Federal District and their share in the area of irrigated lands

Таблица 4

Динамика доли фактически политых орошаемых сельскохозяйственных угодий, % общей площади
Dynamics of the share of actually watered irrigated agricultural land, % of the total area

Субъект федерации	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Сибирский ФО	87,6	66,0	53,6	49,9	41,0	33,1	19,3
Республика Алтай	84,4	95,5	65,7	64,2	94,0	48,0	50,3
Республика Тыва	100,0	89,2	75,1	99,4	99,4	63,5	52,6
Республика Хакасия	90,1	50,4	42,6	33,2	28,4	14,0	13,9
Алтайский край	93,6	50,8	66,8	44,1	33,0	46,0	8,3
Красноярский край	72,1	55,9	22,1	36,6	14,0	7,6	10,7
Иркутская область	66,0	55,4	44,3	53,5	72,2	56,9	56,9
Кемеровская область	67,1	71,4	46,4	65,1	51,9	11,5	4,1
Новосибирская область	85,3	41,0	16,6	10,1	12,3	10,6	32,3
Омская область	90,8	100,0	65,9	62,2	40,1	39,3	8,7
Томская область	100,0	65,7	26,7	28,2	28,6	22,4	42,0

В 2020 г. из-за разрушения оросительной сети, нехватки дождевальной техники и квалифицированных кадров, дороговизны тарифов на электроэнергию и услуги водохозяйственных организаций в пяти субъектах федерации доля фактически политых земель составляла менее 15 % площади орошаемых угодий, в Новосибирской области – около 30%, в Томской области – около 40%. Лишь в

республиках Алтай, Тыва, Иркутской области сейчас поливается более половины орошаемых земель. Основные причины – неисправность оросительной сети, резкое сокращение работающих дождевальных машин (ДМ) и установок. За 1990–2019 гг. количество ДМ и установок в Сибири сократилось в 17 раз (табл.5).

Таблица 5

Количество дождевальных машин и установок в субъектах федерации Сибирского ФО [14]
The number of sprinkling machines and installations in the subjects of the federation of the Siberian Federal District

Субъект федерации	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2017 г.	2019 г.
Сибирский ФО	7464	5239	2392	941	628	471	439	446
Республика Алтай	140	56	13	6	1	2	0	0
Республика Тыва	170	179	82	2	1	0	0	0
Республика Хакасия	428	358	163	31	19	4	0	0
Алтайский край	2616	1885	971	384	247	157	151	126
Красноярский край	258	226	143	41	33	19	21	16
Иркутская область	317	232	70	23	7	5	4	6
Кемеровская область	919	400	121	44	11	14	15	20
Новосибирская область	859	550	217	130	70	67	75	72
Омская область	1693	1327	598	267	234	203	173	206
Томская область	64	26	14	13	5	0	0	0

В 2019 г. в республиках Алтай, Тыва и Хакасия не эксплуатировалось ни одной ДМ, хотя 30 лет назад их было несколько сотен. В Алтайском крае количество ДМ сократилось в 21 раз, в Кемеровской области – в 46, в Иркутской – в 53 раза. Лишь в Омской области сокращение было менее чем десятикратное. По данным аналитических исследований [8], из 5,2 тыс. российских машин и установок более чем у 95% превышен нормативный срок эксплуатации. С 2016 г. началось возрождение производства российских ДМ, прекращенное в 2009 г.

Объем водопотребления на орошение земель в Сибирском округе за 30 лет снизился почти в 10 раз – с 749 в 1990 г. до 78 млн м³ в 2020 г. В первую очередь на это повлияло резкое сокращение площади полива, а также изменение структуры орошаемых сельхозугодий и связанное с ним снижение количества проводимых поливов. Максимальное сокращение водопотребления произошло в Красноярском крае (155 раз), Новосибирской и Иркутской областях (51 и 47 раз). В то же время в Республике Тыва водопотребление снизилось в 5,5 раза, в Томской области – в 2,5 раза.

Удельная водоподача на 1 га фактически политых земель регулярного орошения в Сибирском округе снизилась с 1,63 в 1990 г. до 1,2 тыс. м³ в 2020 г. Значительно уменьшилась удельная водоподача в основных орошаемых регионах Сибири – Республиках Тыва и Хакасия (в 2,5–3,5 раза), в основном из-за снижения количества проводимых поливов.

В последнее время в мелиоративном комплексе России наметились положительные сдвиги: улучшилось и приобрело большую стабильность федеральное финансирование, возросли размеры финансового участия в мелиорации земель местных органов и сельских товаропроизводителей, снизились темпы списания мелиорируемых земель, в 2013 г. утверждена Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы». Создана многоканальная система государственной поддержки сельского хозяйства, которая ориентирована на создание благоприятных условий для роста конкурентоспособности производимой продукции, повышения занятости сельского населения, снабжения перерабатывающих предприятий качественным сырьем [13]. Господдержка, предоставляемая товаропроизводителям, осуществляющим производство на мелиорируемых землях, является весьма существенной. Так, в Алтайском крае компенсация государством затрат на топливо, электроэнергию и минеральные удобрения, использованные на орошаемой площади, составляла от 70 до 90% понесенных затрат.

ВЫВОДЫ

1. С 1990 по 2020 г. площадь орошаемых земель в Сибири уменьшилась с 526 до 334 тыс. га. В некоторых субъектах федерации площадь орошения сократилась в 2–2,5 раза,

в Республике Хакасия и Новосибирской области – на 5–10%.

2. Резко возросла площадь, на которой требуется проведение капитальных работ для повышения технического уровня оросительных систем (с 10–25% ранее до 80–90% в некоторых регионах в 2020 г.).

3. Площадь фактически политых орошаемых земель за 30 лет снизилась в 7 раз. Количество дождевальных машин и устано-

вок сократилось в 17 раз, а объем водопотребления – в 10 раз.

4. В последние годы началось возрождение мелиорации, приняты региональные программы по ее развитию. Растет государственная поддержка субъектов, осуществляющих производство на мелиорированных землях.

Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2022-0002 государственного задания ИВП РАН

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бойко В.С.* Роль орошения в стабилизации кормопроизводства на юге Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2012. – №5. – С. 130–134.
2. *Давыдов А.С., Ермакова К.С.* Режим орошения кукурузы на зерно // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 5. – С. 55–59.
3. *Заносова В.И.* Гидромелиорация в системе регионального водопользования Алтайского края // Охрана природы и региональное развитие: гармония и конфликты (к году экологии в России). – Оренбург: Ин-т степи УрО РАН, 2017. – С.259-262.
4. *Монгуш Л.Т.* Продуктивность и изменение ботанического состава многолетних бобово-злаковых травосмесей // Вестник РГАУ. – 2018. – № 3. – С. 53–57.
5. *Никитин М.Ю.* Направления устойчивого развития орошения в республиках Сибирского федерального округа Российской Федерации // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 3. – С. 13–18.
6. *Пивень П.В.* Перспективы развития капельного орошения в Алтайском крае // География и природопользование Сибири. – 2016. – № 22. – С. 124–128.
7. *Шапсович С.Н., Мардваев Н.Б.* Продуктивность звена силосные–овес на зерно в орошаемом севообороте // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2013. – № 1. – С. 41–46.
8. *Аналитические исследования перспектив развития техники орошения в России: Информационно-аналитическое издание.* – Коломна: ИП Лавренев А.В., 2020. – 128 с.
9. *Данные наблюдений за объемом вод при водопотреблении и водоотведении на всех водных объектах (по форме 2-ТП (водхоз)) [Электронный ресурс]* // Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов. – Режим доступа: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=513> (дата обращения: 12.05.2022).
10. *Доклад о ходе и результатах реализации в 2018 году государственных программ в сфере развития сельского хозяйства Алтайского края [Электронный ресурс]* / МСХ Алтайского края. – Барнаул, 2019. – 159 с. – Режим доступа: https://www.altagro22.ru/management/docs/?ELEMENT_ID=64649 (дата обращения: 12.05.2022).
11. *Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России* / А.В. Колганов, Н.А. Сухой, В.Н. Шкура, В.Н. Щедрин. – М.: ФБГНУ «Росинформагротех», 2016. – 220 с.
12. *Мелиоративное состояние орошаемых и осушенных сельскохозяйственных угодий и техническое состояние оросительных и осушительных систем по состоянию на (01.01. 2001 г.) (мелиоративный кадастр).* – М.: МСХ РФ, 2001. – 36 с.
13. *Миненко А.В., Селиверстов М.В.* Инструменты достижения высокого уровня продуктивности мелиорируемых земель в Алтайском крае // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – № 1–1. – С. 138–140.
14. *Наличие сельскохозяйственной техники [Электронный ресурс].* – Режим доступа: <http://fedstat.ru> (дата обращения: 12.05.2022).
15. *Показатели по оценке и учету мелиоративного состояния орошаемых сельскохозяйственных угодий и технического состояния оросительных систем по состоянию на 1 ноября 1990 г.* – М.: МСХ РФ, 1991. – 10 с.

16. Показатели по оценке и учету мелиоративного состояния орошаемых сельскохозяйственных угодий и технического состояния оросительных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inform-raduga.ru/fgbu> (дата обращения: 12.05.2022).
17. «О федеральной целевой программе "Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы": Постановление Правительства Российской Федерации от 12.10.2013 № 922 (с изм. на 20.09.2017) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499051291>, (дата обращения: 12.05.2022).
18. Развитие орошаемого земледелия по регионам России: тенденции и перспективы: монография/ под ред. Г.В. Ольгаренко, А.А. Угрюмовой. – М.: Русайнс, 2019. – 250 с.

REFERENCES

1. Bojko V.S., *Sibirskij vestnik sel'skhozjajstvennoj nauki*, 2012, No. 5, pp. 130–134. (In Russ.)
2. Davydov A.S., Ermakova K.S., *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 5, pp. 55–59. (In Russ.)
3. Zanosova V.I., *Ohrana prirody i regional'noe razvitie: garmonija i konflikty (k godu jekologii v Rossii)* (Nature Protection and Regional Development: Harmony and Conflicts (on the Year of Ecology in Russia)), Orenburg: In-t stepi UrO RAN, 2017, pp. 259–262. (In Russ.)
4. Mongush L.T., *Vestnik RGATU*, 2018, No. 3, pp. 53–57. (In Russ.)
5. Nikitin M.Ju., *Puti povyshenija jeffektivnosti oroshaемого zemledelija*, 2015, No. 3, pp. 13–18. (In Russ.)
6. Piven' P.V., *Geografija i prirodopol'zovanie Sibiri*, 2016, No. 22, pp. 124–128. (In Russ.)
7. Shapsovich. S.N., Mardvaev N.B., *Sibirskij vestnik sel'skhozjajstvennoj nauki*, 2013, No. 1, pp. 41–46. (In Russ.)
8. *Analiticheskie issledovanija perspektiv razvitija tehniki oroshenija v Rossii: Informacionno-analiticheskoe izdanie* (Analytical studies of the prospects for the development of irrigation technology in Russia: Information and analytical publication), Kolomna: IP Lavrenov A.V., 2020, 128 p.
9. *Avtomatizirovannaja informacionnaja sistema gosudarstvennogo monitoringa vodnyh ob#ektov* (Automated information system for state monitoring of water bodies), <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=513>, (May 12, 2022). (In Russ.)
10. *Doklad o hode i rezul'tatah realizacii v 2018 godu gosudarstvennyh programm v sfere razvitija sel'skogo hozjajstva Altajskogo kraja* (Report on the progress and results of the implementation in 2018 of state programs in the field of agricultural development in the Altai Territory), Barnaul, 2019. 159 p., URL: https://www.altagro22.ru/management/docs/?ELEMENT_ID=64649 (May 12, 2022). (In Russ.)
11. Kolganov A.V., Suhoj N.A., Shkura V.N., Shhedrin V.N., *Razvitie melioracii zemel' sel'skhozjajstvennogo naznachenija v Rossii* (Development of land reclamation for agricultural purposes in Russia), Moscow: FBGNU «Rosinformagroteh», 2016, 220 p.
12. *Meliorativnoe sostojanie oroshaemyh i osushennyh sel'skhozjajstvennyh ugodij i tehicheskoe sostojanie orositel'nyh i osushitel'nyh sistem po sostojaniju na 01.01. 2001 g. (meliorativnyj kadastr)* (Ameliorative condition of irrigated and drained agricultural lands and technical condition of irrigation and drainage systems as of 01.01. 2001 (reclamation cadastre)), Moscow: MSH RF, 2001, 36 p.
13. Minenko A.V., Seliverstov M.V., *Jekonomika i biznes: teorija i praktika*, 2020, No. 1–1, pp. 138–140. (In Russ.)
14. *Nalichie sel'skhozjajstvennoj tehniki*, <http://fedstat.ru>, (May 12, 2022). (In Russ.)
15. *Pokazateli po ocenke i uchetu meliorativnogo sostojanija oroshaemyh sel'skhozjajstvennyh ugodij i tehicheskogo sostojanija orositel'nyh sistem po sostojaniju na 1 nojabrja 1990 g.* (Indicators for assessing and accounting for the ameliorative state of irrigated agricultural lands and the technical state of irrigation systems as of November 1, 1990), Moscow: MSH RF, 1991, 10 p. (In Russ.)
16. *Pokazateli po ocenke i uchetu meliorativnogo sostojanija oroshaemyh sel'skhozjajstvennyh ugodij i tehicheskogo sostojanija orositel'nyh sistem* (Indicators for assessing and accounting

- for the ameliorative state of irrigated agricultural lands and the technical state of irrigation systems), URL: <https://inform-raduga.ru/fgbu>, (May 12, 2022). (In Russ.)
17. «*O federal'noj celevoj programme "Razvitie melioracii zemel' sel'skhozjajstvennogo naznachenija Rossii na 2014-2020 gody" (s izmenenijami na 20 sentjabrja 2017 goda)*, *Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 12 oktjabrja 2013 goda N 922* ("On the federal target program "Development of melioration of agricultural land in Russia for 2014-2020" (as amended on September 20, 2017) Decree of the Government of the Russian Federation of October 12, 2013 N 922), <http://docs.cntd.ru/document/499051291>, (May 12, 2022). (In Russ.)
 18. *Razvitie oroshaemogo zemledelija po regionam Rossii: tendencii i perspektivy* (Development of irrigated agriculture in the regions of Russia), ed. G.V. Olgarenko, A.A. Ugryumova., Moscow: RUSAJNS, 2019, 250 p.

БИОЛОГИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ТЕПЛИЧНОГО ТОМАТА В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ¹**В.С. Масленникова**, научный сотрудник¹**В.П. Цветкова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент¹**А.В. Пастухова**, аспирант¹**А.Ф. Петров**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент²**М.В. Кондратьев**, ассистент¹*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия*²*Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Россия***E-mail:** vladislava.maslennikova@mail.ru

Ключевые слова: биологизация, биопрепараты, томаты, защищенный грунт, АФГ, эффективность, урожайность.

Реферат. В 2020–2021 гг. исследовано ростостимулирующее и фунгицидное действие биологического препарата АФГ на томате в условиях защищенного грунта Западной Сибири. В результате установлено, что биопрепарат АФГ (ООО «НПО АГРО-ФИТ») на основе бактерий рода *Bacillus* оказывает фунгицидное действие в отношении альтернариоза томата, а также способствует увеличению массы плодов в 1,7 раза. Анализ качества товарной продукции и, в частности, общей кислотности, содержания сахаров, витамина С и сухого вещества в плодах томата защищённого грунта показал, что применение биопрепарата оказывает влияние на их накопление. В томатах, обработанных АФГ, происходит более интенсивное накопление аскорбиновой кислоты, что может говорить об усилении иммунитета растений, в том числе к бактериальным и грибным инфекциям. При соблюдении нормы высева семян 3 кг/га стоимость применения биопрепарата для обработки семенного материала составила 2,07 руб/га, что в сопоставлении с результатами урожайности и оценкой других показателей говорит о высокой экономической эффективности биологического препарата. При использовании биологического препарата АФГ урожайность томата сорта Девчата увеличилась на 21,65–21,67 % по сравнению с контролем. Следовательно, возрастает денежная выручка: в летне-осенний оборот при средней цене томата 80 руб/кг она составит 4880000 руб. с 1 га, а в зимний оборот (170 руб/кг) – 10710000 руб. Рентабельность производства будет сохраняться на уровне 25–32 %, что говорит о высокой экономической эффективности предлагаемой технологии выращивания тепличного томата.

BIOLOGIZATION OF GREENHOUSE TOMATO GROWING TECHNOLOGY IN CONDITIONS OF WESTERN SIBERIA¹**V.S. Maslennikova**, Researcher¹**V.P. Tsvetkova**, Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor¹**A.V. Pastuhova**, Postgraduate Student¹**A.F. Petrov**, Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor²**M.V. Kondratyev**, Assistant¹*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia*²*Institute of Economics and Organization of Industrial Production, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk Russia***E-mail:** vladislava.maslennikova@mail.ru

Keywords. Biologization, biological products, tomatoes, protected ground, AFG, efficiency, productivity.

Abstract. In 2020–2021, it was studied the growth-stimulating and fungicidal effect of a biological preparation on tomato in conditions of protected ground of Western Siberia. As a result, it was found that the biological product AFG (NPO AGRO-FIT LLC) based on bacteria of the genus *Bacillus* has a fungicidal effect on tomato alternariosis, and also contributes to an increase in fruit weight by 1.7 times. Analysis of the quality of commercial products and, particularly, the content of sugars, total acidity, vitamin C and dry matter in the tomato fruits of protected ground showed that the application of a biological product affects their accumulation.

In tomatoes treated with AFG, it occurs a more intensive accumulation of ascorbic acid, which may indicate an increase in plant immunity, in particular, against bacterial and fungal infections. By following the seeding rate of 3 kg / 1 ha, the cost of a biological product applied for seed material processing was 2.07 rubles / 1 ha, which, in comparison with the yield results and the assessment of other indicators, shows a high economic efficiency of the biological product compared to mineral fertilizers and similar preparations. When using the biological preparation AFG, the yield of tomato variety Devchata increased by 21.65-21.67 % compared to the control. Consequently, cash proceeds increase: in the summer-autumn turnover, with an average tomato price of 80 rubles / kg, it will amount to 4,880,000 rubles from 1 ha, and in winter turnover (170 rubles / kg) - 10,710,000 rubles. The profitability of production will remain at the level of 25-32 %, which indicates the high economic efficiency of the proposed technology for greenhouse tomato growing.

Большинство культур в Сибири вырастить в условиях открытого грунта невозможно из-за изменчивых погодных условий, резко-континентального климата, негативного воздействия окружающей среды. Поэтому так важно получение качественных томатов защищенного грунта, которые по цене и качеству могли бы конкурировать с овощами, завезенными из-за рубежа.

По оценкам Института конъюнктуры аграрного рынка, за последние 2 года в России наблюдается позитивная ситуация с развитием овощеводства защищенного грунта. При

этом по итогам 2021 г. в России среднегодовая оптовая цена на круглый красный томат оказалась на уровне 2016–2020 гг., что во многом может сказаться на рентабельности производства. Ожидается, что производство овощей защищенного грунта (в весенних и зимних теплицах) в коммерческом секторе (СХО, К(Ф)Х и ИП) увеличится на 9,4 %, условная емкость рынка томатов в 2021 г. оценивается в 1103 тыс. т, уровень самообеспеченности данным видом продукции достигает отметки в 60 % (рис. 1) [1].

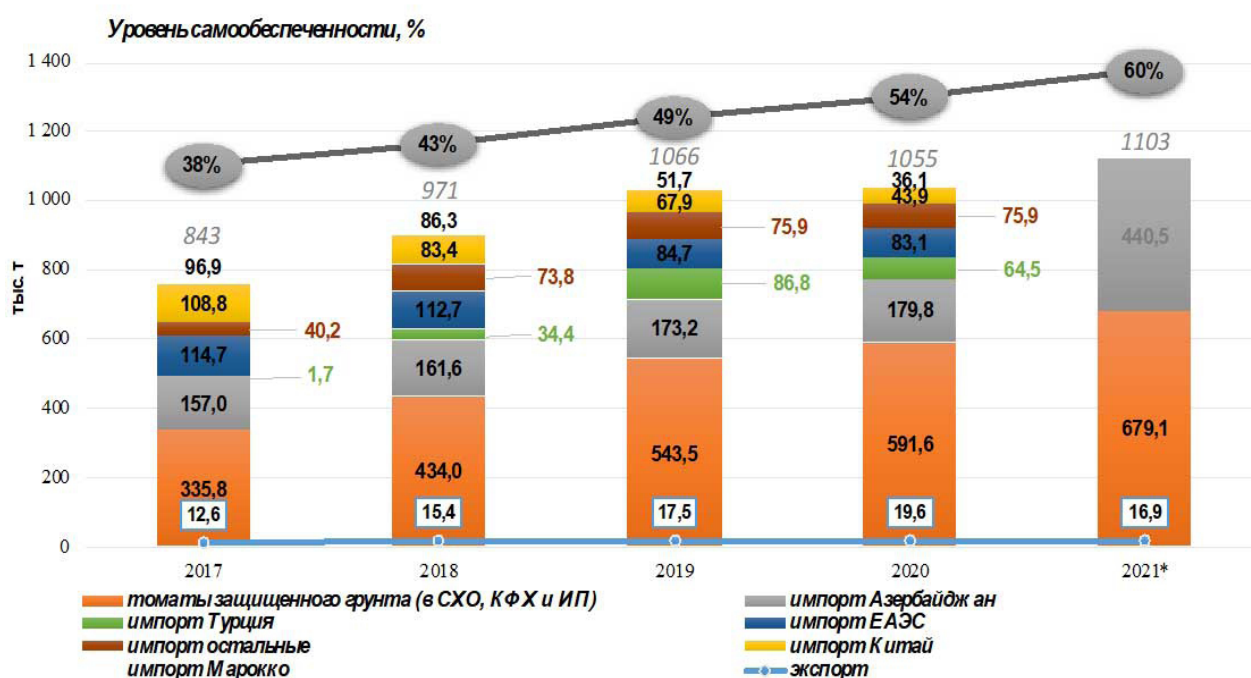


Рис. 1. Уровень самообеспеченности томатами защищенного грунта

Fig. 1. Level of self-sufficiency in greenhouse tomatoes

Отдельно стоит отметить вклад сибирских регионов в развитие овощеводства защищенного грунта, в частности Новосибирская область остается одним из лидеров производства данной продукции, на территории региона успешно работают производственные

площадки крупных вертикально интегрированных формирований, ориентированных на тепличное сельское хозяйство.

По данным ведомственного мониторинга Минсельхоза России, овощи закрытого грунта производят комбинаты АО ГК «Горкунов»

(ООО ТК «Толмачевский», ООО ТК «Новосибирский»), агрокомплекс «Сады Гиганта», ООО «Экосервис-Агро», агрокомплекс «Емельяновский».

По производству тепличных овощей Новосибирская область находится на первом месте в Сибирском федеральном округе и на седьмом в России. В 2021 г. в Новосибирской области было выращено 44,5 тыс. т овощей в зимних теплицах, что составило 100 % от ожидаемого годового валового сбора, в том числе получено 7,2 тыс. т томатов. Для сравнения: в 2019 г. в регионе было произведено 41,7 тыс. т овощей закрытого грунта (тогда область достигла самообеспеченности по этой продукции), в 2020-м — более 44 тыс. т. Таким образом, эта отрасль сельского хозяйства демонстрирует положительную динамику, а также имеет значительный потенциал развития в Новосибирской области [2].

Однако в защищенном грунте складываются благоприятные условия не только для развития растений, но и для возбудителей болезней. Для повышения урожайности и профилактики распространения болезней в настоящее время применяют комплекс различных мероприятий, которые включают подбор устойчивых районированных сортов, обеспечение высокого агрофона и проведение профилактических обработок химическими и биологическими препаратами [3].

Химические препараты при неправильном и чрезмерном применении негативно сказываются на растениях, вызывая у них стресс, следствием чего является снижение иммунитета и продуктивности растений. Биологизация технологического процесса производства томатов в защищенном грунте является требованием времени и диктует необходимость разработки научно обоснованных систем защиты растений на основе замещения химических препаратов биологическими [4].

Применение биологических препаратов является важным элементом органического земледелия и решает многие актуальные задачи производства томатов: усиливает их рост и развитие, стимулирует цветение и плодообразование, ускоряет созревание, повышает устойчивость к заболеваниям. Их использование может являться альтернативой или дополнением к существующей технологии, позволяет применять значительно меньшие количества минеральных удобрений и пестицидов и, как следствие, снизить уровень загрязнения окружающей среды и повысить качество продукции [5].

Целью работы являлась оценка эффективности применения биопрепарата при выращивании томата в защищенном грунте.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты исследования — раннеспелый салатный томат сорта Девчата (оригинатор: ФГБОУ ВО НГАУ), биопрепарат АФГ (споровая биомасса бактерий: *Bacillus subtilis* штамм DSM 24613 (ВКПМ В-10641), *Bacillus amyloliquefaciens* штамм DSM 24614 (ВКПМ В-10642), *Bacillus amyloliquefaciens* штамм DSM 24615 (ВКПМ В-10643), нормализованный безбалластный раствор калиевых и натриевых солей, природных гуминовых кислот, фульвовая кислота, микроэлементы (К, Са, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, В, Мо), предоставленный ООО «НПО АГРО-ФИТ» (г. Новосибирск).

Исследования проводили на базе научной лаборатории кафедры защиты растений Новосибирского ГАУ и УПХ «Сад мичуринцев» в 2020-2021 гг. согласно общепринятым методикам [6].

Семена томата замачивали в суспензии биопрепарата АФГ (концентрация 1×10^6 КОЕ/мл) на 1 ч, в контроле — в воде. Посев был произведен 30 марта в 2020 г. и 26 марта в 2021 г. в специальные ёмкости, в дальнейшем пикировка не производилась. Повторную обработку (в той же концентрации бактерий) проводили при высадке растений в теплицу (13 мая в 2020 г. и 17 мая в 2021 г.). Повторность в опыте — четырёхкратная, размещение делянок — систематическое. Общая площадь делянки — 40 м². Схема размещения растений использовалась ленточная, двустрочная. Растения в течение вегетации формировали в два стебля. Качество урожая оценивали по средним пробам каждого варианта. Агротехника в опыте — общепринятая для зоны Сибирского региона [6].

Опыты проведены в весенне-летней теплице на естественном почвенном субстрате, представляющем чернозём выщелоченный тяжелосуглинистый, с содержанием гумуса в пахотном горизонте 5,6 %. Содержание нитратного азота весной перед высадкой в грунт рассадного материала в слое 0–20 см низкое — 6 мг/кг; в слое 20–40 см — 7,7 мг/кг. Чернозём выщелоченный относится к хорошо обеспеченным подвижными формами фосфора — 181 мг/кг (по Ю.И. Чирикову), обменного калия содержится выше среднего — 205 мг/кг почвы. Сумма поглощённых оснований — 31,8–61,0

мг–экв/100 г почвы, рН солевая близка к нейтральной [7].

Биохимические исследования проводили на кафедре химии Новосибирского ГАУ. Антиоксиданты определяли по методике Н.А. Голубкиной [8], сахарозу – по ГОСТ 51938-2002 [9], сухие вещества – по ГОСТ 28561-90 [10] титруемую кислотность – по ГОСТ 25555.0-82 [11].

Полученные результаты обрабатывали дисперсионным методом с помощью пакета программ СНЕДЕКОР [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Обработка семян биопрепаратом положительно повлияла на рост томата (табл. 1). В 2021 г. в опытном варианте все растения статистически достоверно были выше во все даты учета (рис. 2). В первую декаду июля длина надземной части опытных растений была на 4,3 см больше, чем контрольных, а в третью декаду уже на 46,5 см. Однако в 2020 г. длина надземной части в опытном варианте была меньше (рис. 3), что тем не менее не помешало растению дать большее количество кистей и плодов (рис. 4).

Таблица 1

Изменение морфометрических показателей томата под действием биопрепарата
Changes in the morphometric parameters of tomato under the influence of a biological product

Вариант	3-я декада июня		1-я декада июля		2-я декада июля		3-я декада июля	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
<i>Длина надземной части, см</i>								
Контроль	141,1	154,1	162,8	168,2	182,6	171,4	186,5	195,1
АФГ	120,1	159,0	145,3	172,5	157,0	192,0	166,1	214,6
± к контролю	-21,0	+4,9	-17,5	+4,3	-25,6	+20,6	-20,4	+46,5
НСР _{0,5} = 10,920								
<i>Количество кистей (в среднем на каждой повторности), шт.</i>								
Контроль	41	55	16	13	13	7	10	5
АФГ	62	40	31	15	36	12	47	7
± к контролю	+21	-15	+15	+2	+23	+5	+37	+2
НСР _{0,5} = 7,7217								
<i>Количество цветков (в среднем на каждой повторности), шт.</i>								
Контроль	70	14	90	31	78	22	49	14
АФГ	83	15	77	37	79	40	83	37
± к контролю	+13	+1	-13	+6	+1	+18	+34	+23
НСР _{0,5} = 5,4601								

Количество кистей и цветков при обработке биопрепаратом в 2020 и 2021 гг. Так, уже в первую декаду июля количество кистей

в опытном варианте было в 1,9 раза больше контрольного, и данная тенденция сохранялась во вторую и третью декаду.



Рис. 2. Влияние биопрепарата на рост и развитие растений томата слева – контроль; справа – АФГ

Fig.2. The effect of the biopreparation on the growth and development of tomato plants on the left - control; right - AFG

Применение биопрепарата позволило снизить зараженность болезнями растений томата. Распространенность альтернариоза на листьях снизилась в 1,6–2,6 раза (рис. 3),

а биологическая эффективность АФГ за два года в отношении развития болезни составила 38,5–61,9 %.

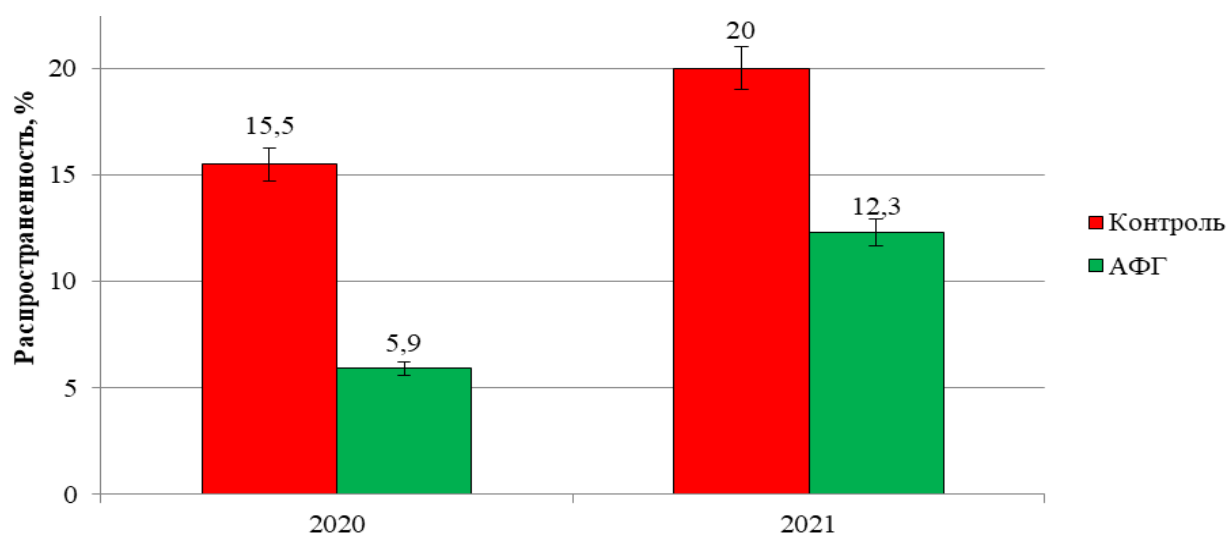


Рис. 3. Динамика распространения альтернариоза на листьях томата сорта Девчата
Fig. 3. The dynamics of the spread of Alternaria on the leaves of the tomato variety Devchata

В 2021 г. на плодах томата встречалась вершинная гниль, распространенность которой в опытном варианте была ниже на 10,8 % при первом сборе и на 11,5 % – при втором.

Установлено, что предпосевная обработка семян томата биопрепаратом АФГ не только способствовала снижению заболевания растений, но и положительно повлияла на формирование урожая (табл. 2, рис. 4).

Таблица 2

Действие биопрепарата АФГ на формирование основных элементов урожая
The effect of the biological product AFG on the formation of the main element of the crop

Вариант	Масса 1 плода, г		Общая масса, г		Урожайность, т/га	
	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
Контроль	68,35	68,7	5050,00	5027,00	50,5	50,3
АФГ	83,31	83,43	6101,00	6083,4	61,0	61,2
НСР _{0,5}	6,33		29,56		3,71	

В оба года применение АФГ статистически достоверно способствовало увеличению массы 1 плода в 1,2 раза относительно кон-

трольного варианта. Прибавка урожая с применением биопрепарата составила в среднем 10,7 т/га.



Рис. 4. Урожай томата (первый сбор с 1 повторности, 12.08.2020)
Fig. 4. Tomato harvest (first harvest from 1 repetition, 08/12/2020)

Полученные данные согласуются с результатами других исследователей бактерий рода *Bacillus* по влиянию на ростостимуляцию томатов. Так, в 2019–2020 гг. аналогичные опыты были проведены на томате сорта Спок (оригинатор – ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, авторы: А.Ф. Петров, С.В. Рюмкин, Ю.В. Фотев, А.А. Лях, И.Е. Лаврищев). Обработанные растения по сравнению с контрольным посевом были более высокие, длина надземной части в среднем за 2 года возросла в 1,2–1,4 раза [13]. В.Э. Шубиной в 2016 г. получены результаты, которые свидетельствуют о способности штаммов *B. subtilis* S2 и S4 ингибировать рост и развитие грибов рода *Alternaria* – возбудителей альтернариоза томатов и одновременно благоприятно влиять на развитие растения [14]. В работе Е.С. Байделюк приводятся результаты исследований опытных образцов на основе штаммов бактерий *Bacillus subtilis*: BZR 336g, BZR 517

и *Pseudomonas* sp.: BZR 245-F. В ходе исследований на томатах сорта Новичок отмечено опережение появления всходов на 3 дня, образования бутонов – на 3–4 дня в сравнении с контролем во всех вариантах. Учеты на пораженность болезнями показали, что препараты на основе штаммов BZR 336g, BZR 517, 245 F при обработке семян и корней рассады обеспечивали защиту томата от септориоза, фитофтороза и способствовали увеличению урожайности. Урожайность томата по вариантам составила от 7,6 (обработка семян, корней рассады и опрыскивание растений BZR 336g) до 9,0 т/га (обработка семян и корней рассады BZR 517) [15].

Анализ качества товарной продукции и, в частности, общей кислотности, содержания сахаров, витамина С и сухого вещества в плодах томата защищенного грунта показал, что применение биопрепарата оказывает влияние на их накопление (табл. 3).

Таблица 3

Химический состав плодов томатов сорта Девчата
The chemical composition of the fruits of tomato varieties Devchata

Вариант	Год	Сухое вещество, %	Общий сахар, %	Витамин С, мг/100 г	Общая кислотность, %	АОА, мкмоль/л
Контроль	2020	6,3	1,25	18,24	0,10	0,581
	2021	5,41	1,42	12,23	0,40	0,593
АФГ	2020	6,08	1,17	20,8	0,44	0,798
	2021	6,12	1,14	21,50	0,32	0,810
НСР _{0,5}		0,56	0,15	3,61	0,03	0,06

Так, в опытном варианте наблюдается увеличение содержания витамина С в среднем в 1,4 раза, антиоксидантной активности (АОА) – в 1,4 раза. При этом общее количество сахара и сухого вещества статистически достоверно не изменялось. Повышение антиоксидантной активности в плодах томата является показателем, определяющим их пищевую ценность, высокие потребительские свойства как продуктов лечебно-профилактического назначения. Аскорбиновая кислота принимает участие в важнейших энергетических процессах растительной клетки – фотосинтезе, дыхании и др. В томатах, обработанных биопрепаратом, происходит более интенсивное накопление аскорбиновой кислоты, что может говорить об усилении иммунитета растений, в том числе к бактериальным и грибным инфекциям.

Немаловажным является экономическое обоснование возможности применения био-

логического препарата АФГ в сельскохозяйственном органическом производстве. В настоящее время в России отсутствуют единые стандарты оценки экономических эффектов использования как удобрений, так и любых дополнительных биологических препаратов, используемых при выращивании овощей в закрытом грунте.

Расчет экономической эффективности применения препарата проводили исходя из рекомендаций производителя (расход – 0,33 л биопрепарата АФГ на 10 л воды на 1 т семенного материала). Средняя стоимость биопрепарата составляет 2100 руб., стоимость рабочей суспензии для обработки на 1 т семенного материала – 693 руб., стоимость раствора биопрепарата на 1 кг семенного материала – 0,69 руб. при соблюдении нормы высева семян 3 кг/га, стоимость применения биопрепарата для обработки семенного материала в расчете

на 1 га – 2,07 руб., что говорит о его высокой экономической эффективности.

При использовании биологического препарата АФГ урожайность томата сорта Девчата по сравнению с контролем увеличилась на 21,65–21,67 %, сопоставимо возрастает денежная выручка: при средней цене за 1 кг томата в летне-осенний оборот 80 руб. она составит 4 880 000 руб. с 1 га, в зимний оборот, при средней цене за 1 кг томата 170 руб., – 10 710 000 руб. Рентабельность производства будет сохраняться на уровне 25–32 %, при положительном экономическом результате обеспечивается снижение себестоимости продукции.

ВЫВОДЫ

1. В условиях защищенного грунта Новосибирской области изучена эффективность применения биопрепарата АФГ на основе бактерий рода *Bacillus* при выращивании томата сорта Девчата.

2. Предпосевная обработка семян томата биопрепаратом оказала ростостимулирующее

и оздоравливающее действие, а также обеспечила увеличение урожайности в среднем до 10,7 т/га.

3. Применение биопрепарата АФГ способствует накоплению витамина С в плодах томата сорта Девчата. Содержание сахаров и сухого вещества статистически достоверно не изменялось.

4. Рентабельность биологизированного производства тепличного томата будет сохраняться на уровне 25–32 %, что говорит о высокой экономической эффективности предлагаемой технологии.

5. В результате положительного действия препарата АФГ с целью биологизации технологии выращивания и увеличения рентабельности производства рекомендуем применять его способом обработки семян томата перед посевом в концентрации 1×10^6 КОЕ/мл для снижения пораженности болезнями и улучшения качества томатов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ НШ-1129.2022.2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ИКАР: итоги года – 2021. Овощи защищенного грунта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://prodgrup.ru/ikar-itogi-goda-2021-ovoshhi-zashhishhennogo-grunta/> (дата обращения: 12.01.2022).
2. Картофель и овощи. Новосибирская область — первая по производству тепличных овощей в Сибири [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://specagro.ru/news/202104/novosibirskaya-oblast-zanimaet-pervoe-mesto-po-obemam-proizvodstva-teplichnykh-ovoschey> (дата обращения: 15.04.2022).
3. Миронова Э.В., Марьин Г.С. Биопрепараты при возделывании томатов // Защита и карантин растений. – 2008. – № 2. – С. 47.
4. Джунусов К.К., Сапарбек Кызы У. Эффективность биопрепаратов на овощных культурах в условиях закрытого грунта // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. – 2017. – № 2. – С. 216–218.
5. Чеботарь В.К., Лактионов Ю.В., Яхно В.В. Микробиологические препараты в системе экологического земледелия // Региональная экология. – 2015. – № 6. – С. 41–47.
6. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. – М., 2011. – 636 с.
7. Семендяева Н.В., Галеева Л.П., Мармулев А.Н. Почвы Новосибирской области и их сельскохозяйственное использование: учебное пособие / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2010. – 187 с.
8. Антиоксиданты растений и методы их определения: монография / Н.А. Голубкина, Е.Г. Кекина, А.В. Молчанова [и др.]; отв. ред. М.М. Тареева; Федеральный научный центр овощеводства. – М.: ФГБНУ ФНЦО, 2018. – 68 с.
9. ГОСТ Р 51938-2002 Соки фруктовые и овощные. Метод определения сахарозы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200030579>.
10. ГОСТ 28561-90 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200022798>.

11. ГОСТ 25555.0-82 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gost.ruscable.ru/Index/22/22127.htm>.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, 2014. – 350 с.
13. Влияние бактерий рода *Bacillus* на рост и продуктивность томата сорта Спок / В.С. Масленникова, В.П. Цветкова, А.Ф. Петров, А.В. Пастухова // Вестник НГАУ. – 2021. – № 1(58). – С. 56–63. – DOI: 10.31677/2072-6724-2021-58-1-56-63.
14. Шубина В.Э. Защита томатов от альтернариоза штаммами бактерий рода *Bacillus* // Вестник защиты растений. – 2016. – № 3(89). – С. 185–186.
15. Байделюк Е.С. Действие препаратов на основе штаммов бактерий *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas* sp. при выращивании томатов в условиях Приморского края // Дальневосточный аграрный вестник. – 2019. – № 4(52). – С. 5–9. – DOI: 10.24411/1999-6837-2019-14045.

REFERENCES

1. IKAR: itogi goda – 2021. Ovoshhi zashhishhennogo grunta (IKAR: results of the year - 2021. Protected ground vegetables): <https://prodgrup.ru/ikar-itogi-goda-2021-ovoshhi-zashhishhennogo-grunta/> (In Russ.).
2. Kartofel' i ovoshhi. Novosibirskaja oblast' — pervaja po proizvodstvu teplichnyh ovoshhej v Sibiri (Potatoes and vegetables. Novosibirsk region is the first in the production of greenhouse vegetables in Siberia): <https://specagro.ru/news/202104/novosibirskaya-oblast-zanimaet-pervoe-mesto-po-obemam-proizvodstva-teplichnykh-ovoshchey> (In Russ.).
3. Mironova Je.V., Mar'in G.S., Zashhita i karantin rastenij, 2008, No. 2, pp. 47. (In Russ.).
4. Dzhunusov K.K., Saparbek Kyzy U., Vestnik Kyrgyzskogo nacional'nogo agrarnogo universiteta im. K.I. Skryabina, 2017, No. 2, pp. 216–218. (In Russ.).
5. Chebotar' V.K., Laktionov Ju.V., Jahno V.V., Regional'naja jekologija, 2015, No. 6, pp. 41–47. (In Russ.).
6. Litvinov S.S., Metodika polevogo opyta v ovoshhevodstve (Methods of field experience in vegetable growing), Moscow, 2011, 636 p.
7. Semendjaeva N.V., Galeeva L.P., Marmulev A.N., Pochvy Novosibirskoj oblasti i ih sel'skohozjajstvennoe ispol'zovanie (Soils of the Novosibirsk region and their agricultural use), Novosibirsk, 2010, 187 p.
8. Golubkina N.A., Kekina E.G., Molchanova A.V. [i dr.], Antioksidanty rastenij i metody ih opredelenija (Plant antioxidants and methods for their determination), Moscow: FGBNU FNCO, 2018, 68 p.
9. GOST R 51938-2002 Soki fruktovye i ovoshhnye. Metod opredelenija saharozy (Fruit and vegetable juices. Method for determination of sucrose): <https://docs.cntd.ru/document/1200030579>. (In Russ.).
10. GOST 28561-90 Produkty pererabotki plodov i ovoshhej. Metody opredelenija suhih veshhestv ili vlagi. (Processed fruits and vegetables. Methods for determining solids or moisture): <https://docs.cntd.ru/document/1200022798>. (In Russ.).
11. GOST 25555.0-82 Produkty pererabotki plodov i ovoshhej. Metody opredelenija titruemoj kislotnosti (Processed fruits and vegetables. Methods for determining titratable acidity): <https://gost.ruscable.ru/Index/22/22127.htm>. (In Russ.).
12. Dospheov B.A., Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) (Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Al'jans, 2014, 350 p.
13. Maslennikova V.S., Cvetkova V.P., Petrov A.F., Pastuhova A.V., Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet), 2021, No. 1(58), pp. 56–63, DOI 10.31677/2072-6724-2021-58-1-56-63. (In Russ.).
14. Shubina V.Je., Vestnik zashhity rastenij, 2016, No. 3(89), pp. 185–186. (In Russ.).
15. Bajdeljuk E.S., Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik, 2019, No. 4(52), pp. 5–9, DOI: 10.24411/1999-6837-2019-14045. (In Russ.).

БОНИТИРОВКА ПОЧВ ГЯНДЖА-КАЗАХСКОГО КАДАСТРОВОГО РАЙОНА АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

М.М. Мехтиеv, аспирант

Азербайджанский государственный аграрный университет, Гянджа, Азербайджан

E-mail: mehmanmehdiyev1979@gmail.com

Ключевые слова: Гянджа-Казахский район, поправочные коэффициенты, средневзвешенный балл бонитета, развернутая и итоговая бонитетные шкалы бонитета.

Реферат. Решение многих народно-хозяйственных задач в известной степени зависит от рационального использования почвенных ресурсов. Качественный и количественный их учет является основой экономической оценки земель, в результате чего создается возможность дать объективную основу для решения вопросов рационального использования земель в наиболее комплексном и широком масштабе. Для сухостепной Гянджа-Казахской зоны с интенсивным сельскохозяйственным производством и неустойчивыми природно-ландшафтными комплексами качественная оценка земель сельскохозяйственного назначения является актуальной и необходимой. Для решения поставленной задачи в 2018–2020 гг. были проведены почвенно-полевые исследования, заложены 32 разреза почв, проведены лабораторные анализы отобранных из них почвенных образцов, собраны и обработаны почвенные данные из фондовых материалов. На основе методических рекомендаций И.И. Карманова, Ф. Я. Гаврилюка, Г.Ш. Мамедова проведена качественная оценка земель Гянджа-Казахского кадастрового района и составлена основная шкала их бонитета. В качестве эталона взяты горно-коричневые почвы, относительно которых произведено ранжирование бонитета остальных земель. Для расчёта определения балла бонитета почвенных разновидностей использовали поправочные коэффициенты на степень их засоленности, солонцеватости, эродированности, уровень окультуренности и т.д. Были составлены основная, развернутая и итоговая бонитетные шкалы, рассчитаны средневзвешенные баллы и коэффициент сравнительного достоинства качества земель данной территории. По результатам расчетов было установлено, что темно-серо-коричневые почвы Гянджа-Казахского кадастрового района обладают самым высоким уровнем плодородия, оцениваемым в 93 балла, а аллювиально-лугово-лесные почвы относятся к почвам с самым низким уровнем плодородия – 33 балла. Средневзвешенный бонитетный балл земель данного района составил 59 баллов.

SOIL EVALUATION OF THE GANJA-KAZAKH CADASTRAL DISTRICT OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN

M.M. Mekhtiev, Postgraduate student

Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, Azerbaijan

E-mail: mehmanmehdiyev1979@gmail.com

Keywords: Ganja-Kazakh region, correction factors, weighted average bonitet score, expanded and final bonitet scales of bonitet.

Abstract. The solution to many national economic problems to a certain extent depends on the rational use of soil resources. Their qualitative and quantitative accounting is the basis for the economic evaluation of the land as a result of which it is possible to provide an objective basis for solving the issues of rational use of land on the most comprehensive and wide scale. A qualitative assessment of agricultural land is relevant and necessary for the dry-steppe Ganja-Kazakh zone with intensive agricultural production and unstable natural landscape complexes. The authors conducted soil and field studies to solve the problem in 2018–2020. The authors also laid 32 soil profiles and conducted laboratory analyzes of soil samples taken from them. In the course of the study, soil data were collected and processed from stock materials. The authors of the article conducted a qualitative assessment of the lands of the Ganja-Kazakh cadastral region and compiled the main scale of their bonitet based on the methodological recommendations of I.I. Karmanova, F. Ya. Gavriluk, G.Sh. Mammadov. As a standard, mountain brown soils were taken, relative to which the ranking of the yield of other lands was made. The authors used correction factors for the degree of salinity, alkalinity, erosion, and the level of soil cultivation to calculate the quality score of soil varieties. The main, detailed, and final bonitet scales were compiled, and the weighted average scores and the coefficient of comparative dignity of the land quality of a given territory were calculated. According

to the results of calculations, the authors found that the dark gray-brown soils of the Ganja-Kazakh cadastral region have the highest level of crop-producing power which is estimated at 93 points, and alluvial-meadow-forest soils are among the soils with the lowest level of crop-producing power - 33 points. The weighted average quality score of the lands in this area was 59 points.

Как показано во многих научных публикациях [1–7], в настоящее время значительно возросла роль земельного кадастра и оценки земель. Следует отметить, что одной из основных составляющих государственного земельного кадастра является учет земельных ресурсов и участков разного качества.

За последние 30 лет более широко велась работа по бонитировке и оценке земель с учетом климатических показателей и особенностей рельефа. В этом случае фактические почвенные условия выражаются в интегральном показателе, отражающем физические свойства почвы. Ряд других важных свойств почвы – гранулометрический состав, солонцеватость, засоленность и т.д. учитывались в виде дополнительных коэффициентов. В 1990–2020 гг. были собраны новые данные по продуктивности различных сельскохозяйственных культур в зависимости от разных почвенно-экологических условий. В конце XX в. были представлены первые разработки алгоритмов земель пахотной территории и определения степени соответствия биологического потенциала сельскохозяйственных культур почвенно-агроклиматическому потенциалу пахотных земель [8, 9]. На основе этого подхода предложены формулы для расчёта количественной оценки пахотных земель, используемых для возделывания преимущественно определённой группы сельскохозяйственных культур.

С учетом современного опыта бонитировки земель И.И. Карманов [10] разработал методику почвенно-экологической оценки и бонитировки почв на основе принципиально новых подходов. Она позволяет определить почвенно-экологический показатель качества, или почвенно-экологический индекс (ПЭИ), любой почвы и помогает решить многие задачи сельскохозяйственного производства.

По Д.С. Булгакову [11], ПЭИ – это количественный показатель, отражающий природный потенциал пашни на основе продуктивности ведущей группы сельскохозяйственных культур. В настоящее время методология ПЭИ широко используется и выполняет много функций [12]. Она пригодна для целей агроэкологической группировки земель сельскохозяйственного назначения [13], оценки отдельных земель, а также массивов со слож-

ным строением почвенного покрова, кадастровой оценки земель [14, 15] и т.д.

В этой связи основной целью наших исследований являлось проведение качественной оценки земель сельскохозяйственного назначения Гянджа-Казахского кадастрового района, для достижения которой требовалось решение следующих задач: 1) организация почвенно-полевых исследований; 2) анализ почвенных образцов в лабораторных условиях; 3) обработка почвенных данных из фондовых материалов; 4) проведение качественной оценки земель Гянджа-Казахского кадастрового района и составление основной шкалы бонитета; 5) составление развернутой и итоговой бонитетных шкал с учетом поправочных коэффициентов; 6) определение средневзвешенного балла качества почв изучаемой территории.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При проведении бонитировочных работ для качественной оценки земель Гянджа-Казахского кадастрового района в качестве теоретической основы использовались методические рекомендации И.И. Карманова [16], Ф.К. Гаврилюка [17] и Г.Ш. Мамедова [18].

В целях выполнения поставленных задач в 2018–2020 гг. на территории Казахского, Таузского, Шамкирского и Самухского районов проведены почвенно-полевые исследования, отобраны образцы из 32 полнопрофильных разрезов основных типов и подтипов почв с использованием общепринятых морфогенетических методов. Проведены физико-химические анализы взятых почвенных образцов по нижеследующей методике: гумус и общий азот – по И.В. Тюрину, гранулометрический состав – по Н.А. Качинскому, рН-водной суспензии – рН-метром, CO_2 карбонатов – кальциметром, валовой фосфор – по А.М. Мещерякову, полная водная вытяжка – по Д.И. Иванову. Были использованы также фондовые материалы Института почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана и Азербайджанского государственного научно-исследовательского института по землеустройству. Для оценки бонитета почв были выбраны следующие диагностические пока-

затели: содержание гумуса, азота и фосфора (%), количество поглощенных оснований (ммоль-экв/100 г почвы) в слоях 0–20; 0–50 и 0–100 см.

Запасы выбранных параметров для расчета бонитировочных показателей почв по вышеуказанным слоям рассчитывали по формуле [18]

$$Z = p \cdot d \cdot h, \quad (1)$$

где Z – валовые запасы гумуса, азота и фосфора, т/га;

p – содержание основных элементов плодородия почвы (гумус, азот, фосфор), %;

d – плотность почвы данного почвенного слоя, г/см³;

h – мощность (толщина) слоя почвы, см.

При составлении основной бонитировочной шкалы нами принята 100-балльная система сравнения, где производили расчет по следующей формуле [18]:

$$B = \frac{M_{\phi}}{M_{\Sigma}} \cdot 100, \quad (2)$$

где B – балл бонитета почвенного признака;

M_{ϕ} – фактическое значение признака почвы;

M_{Σ} – значение этого же признака почвы, принятой за эталон.

Баллы бонитета почвенных разновидностей рассчитывали по формуле, где основной балл бонитета почвы умножали на поправочные коэффициенты с учётом её дополнительных свойств (засоление, солонцеватость, окультуренность, эродированность, оглеение, мощность):

$$B_{\Pi} = B_{\Gamma} \cdot K_3 \cdot K_c \cdot K_o \cdot K_{ог} \cdot K_{сл} \cdot K_m, \quad (3)$$

где B_{Π} – балл оцениваемой разновидности почв;

B_{Γ} – балл типа или подтипа почвы по основной шкале;

Поправочные коэффициенты:

K_3 – на степень засоления;

K_c – на степень смывости;

K_o – на степень окультуренности;

$K_{ог}$ – на степень оглеения;

$K_{сл}$ – на степень солонцеватости;

K_m – на мощность мелкоземистого слоя.

Средневзвешенный балл бонитета почв исследуемой территории устанавливали по формуле [18]

$$B = \frac{b_1 p_1 + b_2 p_2 + b_3 p_3 + \dots}{\Pi} \quad (4)$$

где B – средневзвешенный балл бонитета почв территории;

$b_1, b_2, b_3, \dots$ – бонитетный балл почвенных разновидностей;

$p_1, p_2, p_3, \dots$ – площадь почвенных разновидностей, га;

Π – общая площадь территории, га.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гянджа-Казахский кадастровый район включает равнины и предгорья Казахского, Агстафинского, Товузского, Шамкирского, Самухского, Гейгельского и Геранбойского административных районов Азербайджана. Общая площадь кадастрового района составляет 461201,92 га, или 5,3% территории страны [19].

Гянджа-Казахский кадастровый район охватывает северную часть Малого Кавказа, граничит с Республикой Грузия на севере, Джейранчельским и Аджиноурским кадастровыми районами на востоке, Дашкесан-Гедабекским кадастровым районом на западе и Евлахским административным районом на юге. Территория Гянджа-Казахского кадастрового района расположена в виде полосы пологих равнин, начинается преимущественно с предгорий и простирается до р. Куры. Значения высот колеблются в пределах 200–400 м над уровнем моря.

Основная часть исследуемой территории представляет собой равнину, поднимающуюся к югу по берегам р. Куры, а в предгорьях, на высоте 200 м, изрезана хребтами. Рельеф равнинной части района формируется в основном за счет сбора аккумулятивных материалов, приносимых реками с гор [19].

На наш взгляд, наиболее совершенная классификация земель Малого Кавказа принадлежит М.Э. Салаеву [20]. Система таксономических единиц, использованная им при классификации, основана на систематике Института почвоведения АН СССР (тип, подтип, род, виды, разновидности).

Поскольку территория Гянджа-Казахского кадастрового района входит в предгорья Малого Кавказа, то почвы этих районов формировались преимущественно на мягких четвертичных отложениях из молодых геологических производных делювиального, пролювиального и аллювиального происхождения. Эти почвообразующие породы отличаются высоким содержанием карбонатов, гипса и имеют глинистый гранулометрический состав. Зона сухих степей и полупустынь, где расположены почвы Гянджа-Казахского када-

стрового района, характеризуется высокими температурами, континентальностью и почти полным отсутствием отрицательных температур, где годовая сумма осадков составляет 191,1 мм, а среднегодовая температура воздуха 15,0°C.

Растительный покров исследуемой территории представлен в основном степной, полупустынной, пустынной и болотной растительностью. Река Кура – крупнейшая река Азербайджанской Республики, и ее правобережные притоки Агстафачай, Товузчай, Заямчай, Шамкирчай, Гошгарчай, Гянджачай, Курекчай вместе с их притоками и Шамкирское водохранилище образуют гидрографию Гянджа-Казахского кадастрового района.

По результатам многочисленных исследований ученых, материалам фонда Института почвоведения и агрохимии НАНА [21–23], собственным полевым и лабораторным исследованиям и легенде карты почв Гянджа-Казахского кадастрового района было установлено, что почвенный покров данной территории представлен 15 типами и подтипами почв и 67 разновидностями.

В почвенном покрове исследуемого района распространены горно-коричневые, горно-серо-коричневые, лугово-коричневые, серо-коричневые, серо-коричневые луговые, лугово-сероземные, серо-бурые, аллювиально-лугово-лесные, аллювиально-луговые и лугово-болотные почвы.

В соответствии с методикой исследований, кроме почвенных показателей, полученных на основе почвенно-полевых и лабораторных исследований, были использованы литературные и фондовые материалы по по-

чвенному плодородию основных типов и подтипов почв, распространенных на данной территории.

Запасы гумуса, азота и фосфора были рассчитаны для слоев почвы 0–20; 0–50 и 0–100 см по формуле (1), а по формуле (2) определены баллы бонитета почв исследуемого участка. В итоге была составлена основная шкала оценки земель Гянджа-Казахского кадастрового района (табл. 1).

Основной земельный фонд Гянджа-Казахского кадастрового района представлен 15 типами и подтипами почв; 5 из них расположены в предгорьях и 10 – на равнинах и низменностях. Согласно методике, за эталон были приняты горно-коричневые типичные почвы, имеющие наиболее высокие показатели плодородия, балл бонитета которых принят за 100, затем по отношению к ним были рассчитаны баллы бонитета остальных почв.

Таким образом была получена количественная оценка оцениваемых между собой почв полного габитуса. Но в природе обычно приходится наблюдать почвы смытые, маломощные, засоленные, солонцеватые и т.д. Влияние этих свойств учитывается при оценке качества почв путем корректировки с помощью поправочных коэффициентов оценочных баллов, полученных по основным критериям свойств почв. Применение поправочных коэффициентов, уточняя результаты бонитировочных работ, дает возможность оперировать оценочными баллами в зависимости от условий конкретной местности, в результате чего составляется расширенная бонитетная шкала. Итоговый балл почв вычисляется с учетом их площади по формуле (4).

Таблица 1

Основная бонитетная шкала почв Гянджа-Казахского кадастрового района
The main quality scale of soils of the Ganja-Kazakh cadastral region

№ п/п	Почвы	Гумус, $\frac{\text{т/га}}{\text{балл}}$			Азот, $\frac{\text{т/га}}{\text{балл}}$		Фосфор, $\frac{\text{т/га}}{\text{балл}}$		Сумма поглощенных оснований, $\text{г} \frac{\text{моль-экв./100г}}{\text{балл}}$		Балл бонитета	
		Слой почвы, см										
		0-20	0-50	0-100	0-20	0-50	0-20	0-50	0-20	0-50		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Горно-коричневые типичные	$\frac{80,7}{100}$	$\frac{153,1}{100}$	$\frac{204,5}{100}$	$\frac{4,3}{100}$	$\frac{10,0}{100}$	$\frac{4,3}{100}$	$\frac{10,0}{100}$	$\frac{33,9}{100}$	$\frac{36,1}{100}$	100	
2	Горно-коричневые остепненные	$\frac{63,1}{78}$	$\frac{102,9}{67}$	$\frac{154,7}{76}$	$\frac{3,5}{84}$	$\frac{9,1}{91}$	$\frac{3,5}{83}$	$\frac{8,5}{85}$	$\frac{31,1}{91}$	$\frac{33,5}{93}$	81	

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	Горно-серо-коричневые обыкновенные	<u>73,1</u> 91	<u>126,4</u> 83	<u>149,2</u> 73	<u>4,0</u> 95	<u>9,7</u> 97	<u>3,8</u> 90	<u>9,0</u> 90	<u>31,1</u> 92	<u>32,0</u> 89	85
4	Горно-серо-коричневые светлые	<u>52,1</u> 65	<u>98,0</u> 64	<u>137,3</u> 67	<u>3,8</u> 90	<u>9,0</u> 90	<u>3,6</u> 84	<u>8,4</u> 84	<u>24,8</u> 73	<u>25,1</u> 70	74
5	Коричневые луговые	<u>72,8</u> 90	<u>126,6</u> 83	<u>158,4</u> 77	<u>4,2</u> 98	<u>10,1</u> 101	<u>3,7</u> 87	<u>8,8</u> 88	<u>30,1</u> 89	<u>30,9</u> 86	86
6	Серо-коричневые темные	<u>78,7</u> 98	<u>134,8</u> 88	<u>165,1</u> 81	<u>4,3</u> 102	<u>10,1</u> 101	<u>3,8</u> 90	<u>8,8</u> 88	<u>31,7</u> 93	<u>32,9</u> 91	90
7	Серо-коричневые обыкновенные	<u>75,4</u> 77	<u>123,5</u> 63	<u>174,2</u> 83	<u>4,3</u> 108	<u>8,2</u> 85	<u>3,6</u> 85	<u>7,6</u> 76	<u>27,4</u> 81	<u>29,2</u> 81	74
8	Серо-коричневые светлые	<u>48,0</u> 59	<u>80,0</u> 52	<u>124,8</u> 61	<u>3,4</u> 79	<u>6,9</u> 69	<u>3,4</u> 79	<u>7,6</u> 76	<u>21,7</u> 64	<u>23,5</u> 65	66
9	Серо-коричневые гажевые	<u>39,8</u> 49	<u>70,6</u> 46	<u>120,9</u> 59	<u>3,6</u> 85	<u>8,2</u> 82	<u>3,1</u> 73	<u>7,6</u> 76	<u>20,4</u> 60	<u>19,7</u> 55	64
10	Серо-коричневые луговые	<u>64,0</u> 79	<u>113,5</u> 74	<u>152,1</u> 74	<u>3,7</u> 87	<u>8,1</u> 81	<u>3,5</u> 82	<u>7,4</u> 74	<u>29,1</u> 86	<u>28,8</u> 80	78
11	Серо-бурые	<u>38,6</u> 48	<u>73,1</u> 48	<u>117,6</u> 58	<u>3,4</u> 81	<u>6,6</u> 67	<u>3,4</u> 81	<u>8,0</u> 80	<u>21,7</u> 64	<u>21,3</u> 59	63
12	Лугово-сероземные светлые	<u>44,5</u> 55	<u>83,6</u> 55	<u>129,2</u> 63	<u>3,3</u> 78	<u>7,5</u> 75	<u>3,3</u> 78	<u>7,5</u> 75	<u>24,1</u> 71	<u>25,3</u> 70	68
13	Аллювиально-лугово-лесные	<u>61,8</u> 77	<u>90,5</u> 59	<u>134,9</u> 66	<u>3,6</u> 86	<u>8,7</u> 87	<u>3,4</u> 80	<u>8,7</u> 87	<u>25,7</u> 76	<u>26,8</u> 74	74
14	Аллювиально-луговые	<u>59,2</u> 73	<u>84,9</u> 55	<u>127,0</u> 62	<u>3,7</u> 87	<u>8,6</u> 86	<u>3,5</u> 82	<u>8,0</u> 80	<u>25,2</u> 74	<u>27,7</u> 77	72
15	Лугово-болотные	<u>65,1</u> 81	<u>117,7</u> 77	<u>141,5</u> 69	<u>3,7</u> 88	<u>8,7</u> 87	<u>3,5</u> 83	<u>8,1</u> 81	<u>29,7</u> 88	<u>30,4</u> 84	79

По результатам расчетов, темно-серо-коричневые почвы имеют высокий уровень плодородия – 90 баллов, лугово-коричневые – 86 баллов, горно-серо-коричневые обыкновенные почвы – 85 баллов и оцениваются как почвы высокого качества. По шкале бонитета

серо-коричневые обыкновенные (74 балла), серо-коричневые луговые (78 баллов), лугово-болотные (79 баллов), горно-серо-коричневые светлые (74 балла) и аллювиально-лугово-лесные (74 балла) почвы относятся к почвам хорошего качества (табл. 2).

Таблица 2

Качественные группы земель Гянджа-Казахского кадастрового района
Qualitative groups of lands of the Ganja-Kazakh cadastral region

Качественные группы земель	Почвы	Баллы
I – земли высокого качества (100–81 балл)	Горно-коричневые типичные	100
	Горно-коричневые остепненные	81
	Горно-серо-коричневые обыкновенные	85
	Коричневые луговые	86
	Серо-коричневые темные	90
II – земли хорошего качества (80–61 балл)	Серо-коричневые обыкновенные	74
	Серо-коричневые светлые	66
	Серо-коричневые гажевые	64
	Серо-коричневые луговые	78
	Серо-бурые	63
	Лугово-сероземные светлые	68
	Аллювиально-лугово-лесные	74
	Аллювиально-луговые	72
	Лугово-болотные	79

В практическом почвоведении расчет показателей качества подтипов и разновидностей почв проводят с использованием поправочных коэффициентов, отражающих индивидуальные особенности почвы [17]. Установлено, что в почвенном покрове Гянджа-Казахского кадастрового района широко распространены почвы, имеющие различные мощность гумусового слоя, засолен-

ность, солонцеватость, степень эродированности, оглеения, окультуренности. В связи с этим как отрицательные, так и положительные свойства учитывались при проведении оценки через поправочные коэффициенты, чтобы в полной мере отразить современное состояние почвенного покрова изучаемой территории (табл. 3).

Таблица 3

Поправочные коэффициенты на различные свойства почв [18]
Correction factors for various soil properties [18]

Почвы	Свойства почв			
	По степени засоления			
	Незасоленные	Слабозасоленные	Среднезасоленные	Сильнозасоленные
Горно-коричневые	1,0	0,91	0,64	0,56
Остепненные				
Темно-серо коричневые	1,0	0,91	0,64	0,56
Серо-коричневые	1,0	0,91	0,64	0,56
Аллювиально-луговые	1,0	0,86	0,60	0,66
Серо-бурые	1,0	0,73	0,63	0,42
Серо-коричневые-луговые	1,0	0,88	0,60	0,25
По степени смывтости				
	Несмытые	Слабосмытые	Среднесмытые	Сильносмытые
Горно-коричневые	1,0	0,80	0,50	0,20
Остепненные				
Горно-коричневые	1,0	0,70	0,50	0,20
Горно-серо-коричневые	1,0	0,70	0,50	0,30
Серо-коричневые	1,0	0,65	0,40	0,24
Серо-бурые	1,0	0,70	0,40	0,28
По степени окультуренности				
	Целинные	Слабоокультуренные	Окультуренные	Высокоокультуренные
Для всех почв	1,00	1,06	1,40	1,83
По степени оглеения				
	Поверхностноглеевые	Слабоглеевые	Среднеглеевые	Глубинноглеевые
Для всех почв	1,00	0,97	0,44	0,33
По степени солонцеватости				
	Несолонцеватые	Слабосолонцеватые	Среднесолонцеватые	
Для всех почв	1,00	0,90	0,75	
По мощности мелкоземистого слоя				
	Мощные	Среднемощные	Маломощные	
Для всех почв	1,00	0,80	0,60	

С использованием вышеуказанных поправочных коэффициентов составлена расширенная шкала качества разновидностей земель Гянджа-Казахского кадастрового района. Включение сюда расширенной шкалы бонитета данной территории мы сочли нецелесообразным, так как таблица имеет слишком большой объем.

Согласно методике, на следующем этапе, для составления итоговой шкалы качества земель Гянджа-Казахского кадастрового района, были вычислены итоговые бонитетные баллы типов и подтипов почв, которые рассчитывались по формуле (4) на основе баллов качества почвенных разновидностей и их площадей (табл. 4).

В результате расчетов установлено, что средневзвешенный балл земель Гянджа-Казахского кадастрового района составляет

59 баллов. Наиболее распространенные почвы кадастрового района – серо-коричневые обыкновенные (29,4 %) – получили 67 баллов.

Таблица 4

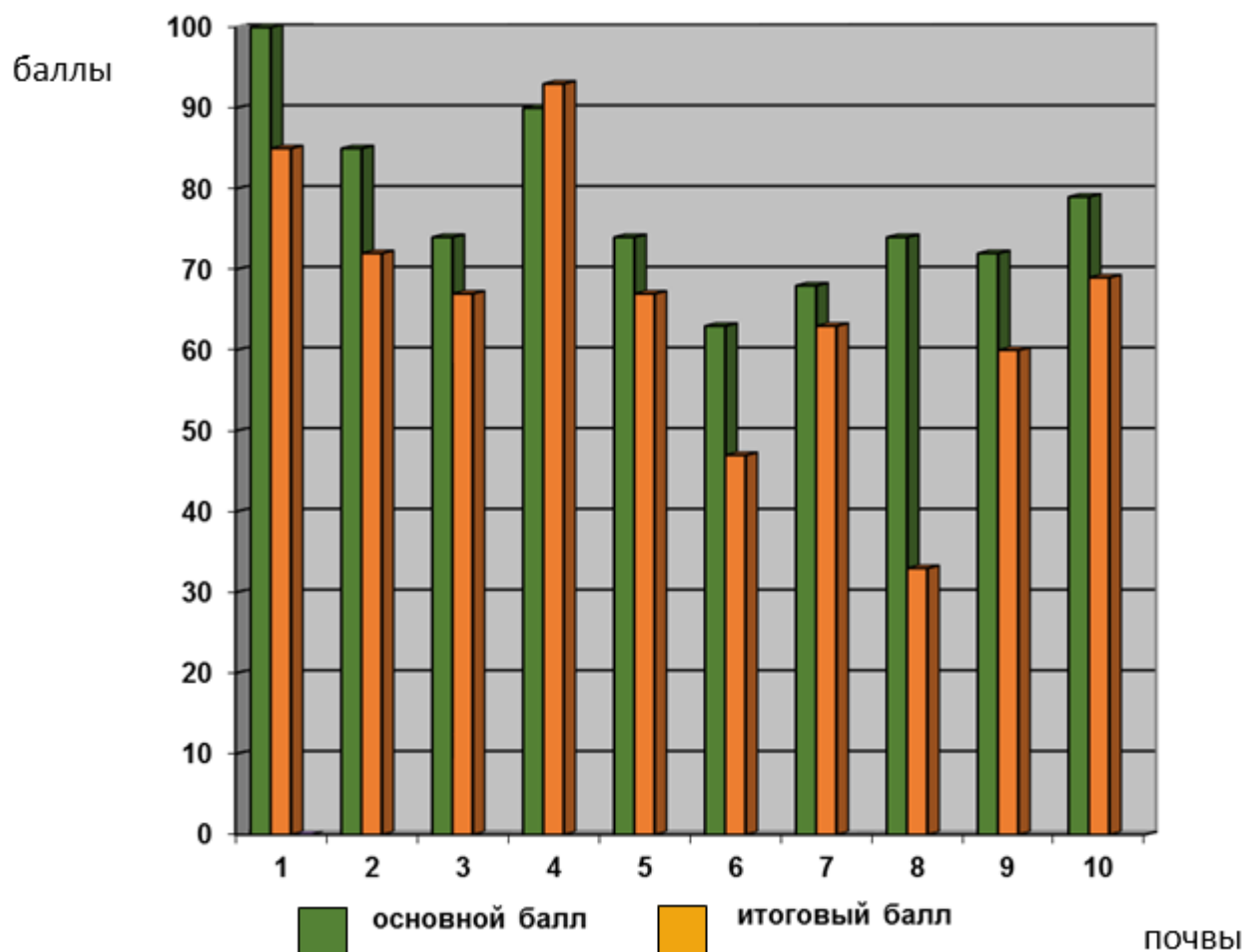
Итоговая бонитетная шкала почв Гянджа-Казахского кадастрового района
The final quality scale of soils of the Ganja-Kazakh cadastral region

№ п/п	Почвы	Основной бонитетный балл	Итоговый бонитетный балл	Площадь	
				га	%
1	Горно-коричневые типичные	100	85	19100,25	4,14
2	Горно-коричневые остепненные	81	81	14488,58	3,14
3	Горно-серо-коричневые обыкновенные	85	72	41825,12	9,07
4	Горно-серо-коричневые светлые	74	67	3167,96	0,69
5	Коричневые луговые	86	71	11587,11	2,51
6	Серо-коричневые темные	90	93	8880,56	1,93
7	Серо-коричневые обыкновенные	74	67	135690,28	29,42
8	Серо-коричневые светлые	66	65	63547,68	13,78
9	Серо-коричневые луговые	78	78	25180,07	5,46
10	Серо-бурые	63	47	35270,77	7,65
11	Лугово-сероземные светлые	68	63	6232,80	1,35
12	Аллювиально-лугово-лесные	74	33	404,49	0,09
13	Аллювиально-луговые	72	60	4631,16	1,01
14	Лугово-болотные	79	69	1968,31	0,43
15	Солончаки	<20	<20	2636,77	0,57
16	Техногенные земли	<20	<20	7334,69	1,59
17	Почвенные комплексы	<20	<20	1533,11	0,33
18	Другие земли	<20	<20	77722,21	16,85
	ИТОГО		59	461201,92	100

Самая высокая итоговая оценка бонитета получена у серо-коричневых темных почв – 93 балла, а самая низкая – у аллювиально-лугово-лесных почв (33 балла) с площадью всего 404 га.

Итоговые баллы качества в сравнении с основными бонитетными баллами земель Гянджа-Казахского кадастрового района отражены также на диаграмме (рисунок). Из диаграммы видно, что различные факторы, влияющие на плодородие почвы, такие как степень эродированности, засоленности, окультуренности, уменьшение мощности плодородного слоя, мощность гумусового слоя, оглеение, солонцеватость и т.д., существенно повлияли на качество почв. Так, в результате негатив-

ного воздействия таких природных факторов, как эродированность, засоленность и солонцеватость, снизилось плодородие горно-коричневых типичных, серо-бурых, аллювиально-луговых и лугово-болотных почв, а баллы бонитета темно-серо-коричневых почв возросли благодаря окультуренности этих почв. Снижение балла бонитета аллювиально-лугово-лесных почв с 74 до 33 балла объясняется их оглеением. Надо отметить, что неправильное орошение и неудовлетворительное состояние коллекторно-дренажных систем стали причиной усиления процесса оглеения аллювиально-лугово-лесных почв.



Итоговые баллы в сравнении с основными баллами бонитета земель Гянджа-Казахского кадастрового района:

1 – горно-коричневые; 2 – горно-серо-коричневые обыкновенные; 3 – горно-серо-коричневые светлые; 4 – темно-серо-коричневые; 5 – серо-коричневые обыкновенные; 6 – серо-бурые; 7 – лугово-сероземные светлые; 8 – аллювиально-лугово-лесные; 9 – аллювиально-луговые; 10 – лугово-болотные

The final scores in comparison with the main scores of the bonitet of the lands of the Ganja-Kazakh cadastral region:

1 – mountain brown; 2 – mountain gray-brown ordinary; 3 – mountain gray-brown light; 4 – dark gray-brown; 5 – gray-brown ordinary; 6 – gray-brown; 7 – light meadow-chernozem; 8 – alluvial-meadow-forest; 9 – alluvial-meadow; 10 – meadow-marsh

ВЫВОДЫ

1. На основе анализа и обобщения литературных, фондовых материалов и собственных исследований по изучению современного почвенно-экологического состояния почвенного покрова Гянджа-Казахского кадастрового района проведена качественная оценка почв и составлена основная бонитетная шкала. В качестве эталона приняты горно-коричневые типичные почвы. Согласно исследованиям, темно-серо-коричневые почвы получили 90 баллов, лугово-коричневые – 86 и горно-серо-коричневые обыкновенные почвы – 85 баллов, т.е. это достаточно высокоплодородные почвы района. Самыми малопродуктивными

почвами территории являются серо-бурые – 63 балла.

2. С использованием поправочных коэффициентов по степени засоленности, солонцеватости, смывости, оглеения, уровня окультуренности и мощности мелкоземистого слоя составлена расширенная шкала качества разновидностей земель кадастрового района. На основе баллов бонитета почвенных разновидностей вычислены итоговые баллы бонитета почвенных типов и подтипов изучаемой территории. Установлено, что средневзвешенный балл земель Гянджа-Казахского кадастрового района составляет 59 баллов, что позволяет отнести их к землям среднего достоинства.

3. Проведен сравнительный анализ итоговых баллов с основными баллами бонитета земель Гянджа-Казахского кадастрового района. Установлено, что в результате воздействия эрозионных процессов снизилось плодородие горно-коричневых типичных почв с 100 до 85 баллов, засоленность и солонцеватость снизили плодородие серо-бурых почв с 63 до 47

баллов, а серо-коричневых обыкновенных – с 74 до 67 баллов, засоленность и оглеение способствовали уменьшению балла бонитета лугово-болотных почв с 79 до 69 баллов и т.д., а благодаря окультуренности темно-серо-коричневых почв их бонитетный балл возрос с 90 до 93 балла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Assessment and Evaluation of Soil Ecosystem Services* / N.B. Comerford, J.A. Franzluebbers, E.M. Stromberger [et al.] // *Soil Horizons*. – 2013. – Vol. 54(3). – P. 1-14. – DOI: 10.2136/sh12-10-0028.
2. *Digital soil assessment for regional agricultural land evaluation* / B. Harms, D. Brough, Sh. Philip [et al.] // *Global Food Security*. – 2015. – Vol. 5. – P. 25–35. – DOI: 10.1016/j.gfs.2015.04.001.
3. *Gliessman S.R. Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems* [Электронный ресурс]. – Bosa Roca, United States: CRC Press Inc, 2015. – 388 p. – Режим доступа: <https://ia903400.us.archive.org/33/items/Agronomy/Agroecology%20The%20Ecology%20of%20Sustainable%20Food%20Systems.pdf> (дата обращения: 05.04.2022).
4. *Orvar G.J., Brynhildur D. Classification and valuation of soil ecosystem services* // *Agricultural Systems*. – 2016. – Vol. 145. – P. 24–38. – DOI: 10.1016/j.agsy.2016.02.010.
5. *Deviren S.S., Huang Ch.H. Assessing the wind erosion risk by the sand blasting technique* [Электронный ресурс] // *Abstract Book of 10th International Congress on “The Soil Resources and Environment Conservation”*, Almaty, Kazakhstan: 17–19 October, 2018. – 2018. – P. 125–126. – Режим доступа: http://www.fesss.org/upload_pic/Book%20of%20Proccedings.pdf (дата обращения: 05.04.2022).
6. *Dynamic Assessment of Soil Water Erosion in the Three-North Shelter Forest Region of China from 1980 to 2015* / Ji C., X. Li, Y. Jia & L. Wang // *Eurasian Soil Science*. – 2018. – Vol. 51. – P. 1533–1546. – DOI: 10.1134/S1064229318120050.
7. *John D. Njoku. Agro-Ecological Assessment of Soil Quality of a River Watershed in the Niger Delta Region of Nigeria* [Электронный ресурс] // *Journal of Environment and Earth Science*. – 2013. – Vol. 3, N 1. – P. 48–56. – Режим доступа: <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JEES/article/view/4004> (дата обращения: 05.04.2022).
8. *Differentiation of the Cadastral Value of Agricultural Lands in Tyumen Oblast* / P.M. Sapozhnikov, A.K. Ogleznev, Yu.N. Filippova, O.D. Konyushkova // *Eurasian Soil Science*. – 2019. – Vol. 52. – P. 1456–1462. – DOI: 10.1134/S1064229319090072.
9. *Смирнова Л.Г., Нарожная А.Г., Петракова А.А. Применение геоинформационных систем для агроэкологической оценки земель при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия* [Электронный ресурс] // *Достижения науки и техники АПК*. – 2011. – № 11. – С. 11–14. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-geoinformatsionnyh-sistem-dlya-agroekologicheskoy-otsenki-zemel-pri-proektirovanii-adaptivno-landshaftnyh-sistem> (дата обращения: 05.04.2022).
10. *Карманов И.И. Почвенно-экологическая оценка и бонитировка почв. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв*. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 161–233.
11. *Булгаков Д.С. Применение и верификация почвенно-экологического индекса при оценке структур почвенного покрова пахотных угодий* [Электронный ресурс] // *Почвоведение*. – 2013. – № 11. – С. 1367–1376. – Режим доступа: <https://naukarus.com/primenenie-i-verifikatsiya-pochvenno-ekologicheskogo-indeksa-pri-otsenke-struktur-pochvennogo-pokrova-pahotnyh-ugodiy> (дата обращения: 05.04.2022).
12. *Капустянчик С.Ю. Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных земель лесостепи Новосибирского Приобья: автореф. дис. ... канд. биол. наук* [Электронный ресурс]. – Новосибирск, 2013. – 21 с. – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/agroeko>

- logicheskaya-otsenka-selskokhozyaistvennykh-zemel-lesostepi-novosibirskogo-priobya (дата обращения: 05.04.2022).
13. Морев Д.В. Агроэкологическая оценка земель в условиях зонального ряда агроландшафтов с повышенной пестротой почвенного покрова: автореф. дис. ... канд. биол. наук [Электронный ресурс]. – М., 2017. – 25 с. – Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/agroekologicheskaya-otsenka-zemel-v-usloviyakh-zonalnogo-ryada-agrolandshaftov-s-povyshennoi> (дата обращения: 05.04.2022).
 14. Смирнова Н.В., Нечаева Т.В., Бащук А.Г. Оценка плодородия эродированных почв юга Западной Сибири [Электронный ресурс] // Международная научная конференция: К 100-летию со дня рождения академика Г.В. Добровольского, к Международному году почв «Роль почв в биосфере и жизни человека». – М., 2015. – С. 115–117. – Режим доступа: <http://soilinst.msu.ru/wp-content/uploads/2015/10/Materialy-dokladov.pdf> (дата обращения: 05.04.2022).
 15. Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов [Электронный ресурс]. – М.: Колос, 2011. – 443 с. – Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/1381509/> (дата обращения: 05.04.2022).
 16. Карманов И.И., Клопотовский А.П. Методические указания по бонитировке почв СССР. – М., 1975. – 59 с.
 17. Гаврилюк Ф.Я. Бонитировка почв. – Ростов: Изд-во Рост. ун-та. – 1984. – 226 с.
 18. Мамедов Г.Ш., Джафаров А.Б. Бонитировка почв. – Баку: Наука, 1997. – 174 с.
 19. Бабаева А.Д. Экологический мониторинг плодородия почв бассейна рек Гянджачай–Шамкирчай. – Баку: Наука, 2010. – 355 с.
 20. Салаев М.Э. Почвы Малого Кавказа. – Баку: Наука, 1966. – 328 с.
 21. Алиева Г.М. Агроэкологические особенности и мониторинг почв бассейна реки Кюрекчай: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Баку, 2016. – 20 с.
 22. Асланова Р.Х. Влияние микрорельефа на диагностические показатели серо-бурых (каштановых) почв Гянджа-Газахского массива // Почвоведение и агрохимия: сб. тр. – 2019. – Т. XVIII. – С. 45–52.
 23. Мамедов З.Р. Биоморфогенетические и биоэкологические особенности горно-бурых почв, распространенных на северо-восточном склоне Малого Кавказа // Сборник трудов Азербайджанского общества почвоведов. – 2017. – Т. XI, ч. I. – С. 466–472.

REFERENCES

1. Comerford N.B., Franzluebbbers J.A., Stromberger E.M., Morris L., Markewitz D., Assessment and Evaluation of Soil Ecosystem Services, *Soil Horizons*, 2013, Vol. 54 (3), pp. 1-14, DOI: 10.2136/sh12-10-0028.
2. Harms B., Brough D., Philip Sh., Bartley R., Clifford D., Thomas M., Digital soil assessment for regional agricultural land evaluation, *Global Food Security*, 2015, Vol. 5, pp. 25–35, DOI: 10.1016/j.gfs.2015.04.001.
3. Gliessman S.R., *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems*. Bosa Roca, United States: CRC Press Inc, 2015, 388 p., available at: <https://ia903400.us.archive.org/33/items/Agronomy/Agroecology%20The%20Ecology%20of%20Sustainable%20Food%20Systems.pdf>.
4. Orvar G.J., Brynhildur D., Classification and valuation of soil ecosystem services, *Agricultural Systems*, 2016, Vol. 145, pp. 24–38, DOI: 10.1016/j.agry.2016.02.010.
5. Deviren S.S., Huang Ch.H., Assessing the wind erosion risk by the sand blasting technique, Abstract Book of 10th International Congress on “The Soil Resources and Environment Conservation”, Almaty, Kazakhstan: 17–19 October, 2018, pp. 125–126, available at: http://www.fesss.org/upload_pic/Book%20of%20Proceedings.pdf.
6. Ji C., Li X., Jia Y., Wang L., Dynamic Assessment of Soil Water Erosion in the Three-North Shelter Forest Region of China from 1980 to 2015, *Eurasian Soil Science*, 2018, Vol. 51, pp. 1533–1546, DOI: 10.1134/S1064229318120050.

7. John D. Njoku, Agro-Ecological Assessment of Soil Quality of a River Watershed in the Niger Delta Region of Nigeria, *Journal of Environment and Earth Science*, 2013, Vol. 3, No.1, pp. 48–56, available at: <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JEES/article/view/4004>.
8. Sapozhnikov P.M., Ogleznev A.K., Filippova Yu.N., Konyushkova O.D., Differentiation of the Cadastral Value of Agricultural Lands in Tyumen Oblast, *Eurasian Soil Science*, 2019, Vol. 52, pp. 1456–1462, DOI: 10.1134/S1064229319090072.
9. Smirnova L.G., Narozhnyaya A.G., Petrakova A.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2011, No. 11, pp. 11–14: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-geoinformatsionnyh-sistem-dlya-agroekologicheskoy-otsenki-zemel-pri-proektirovanii-adaptivno-landshaftnyh-sistem> (In Russ.)
10. Karmanov I.I., *Pochvenno-ekologicheskaya ocenka i bonitirovka pochv. Teoreticheskie osnovy i puti regulirovaniya plodorodiya pochv* (Soil-ecological assessment and appraisal of soils. Theoretical foundations and ways of regulating soil fertility), Moscow: Agropromizdat, 1991, pp. 161–233.
11. Bulgakov D.S., *Pochvovedenie*, 2013, No. 11, pp. 1367–1376: <https://naukarus.com/primenenie-i-verifikatsiya-pochvenno-ekologicheskogo-indeksa-pri-otsenke-struktur-pochvennogo-pokrova-pahotnyh-ugodiy>. (In Russ.)
12. Kapustyanchik S.Yu., *Agroekologicheskaya ocenka sel'skohozyajstvennykh zemel' lesostepi Novosibirskogo Priob'ya* (Agroecological assessment of agricultural lands in the forest-steppe of the Novosibirsk Ob region), Abstract of the thesis diss., Novosibirsk, 2013, 21 p.: <https://www.dissercat.com/content/agroekologicheskaya-otsenka-selskokhozyaistvennykh-zemel-lesostepi-novosibirskogo-priobya>. (In Russ.)
13. Morev D.V., *Agroekologicheskaya ocenka zemel' v usloviyakh zonal'nogo ryada agrolandshaftov s povyshennoj pestrotoj pochvennogo pokrova* (Agroecological assessment of lands in the conditions of a zonal series of agrolandscapes with increased diversity of soil cover), Abstract of the thesis diss., Moscow, 2017, 25 p.: <https://www.dissercat.com/content/agroekologicheskaya-otsenka-zemel-v-usloviyakh-zonalnogo-ryada-agrolandshaftov-s-povyshennoi>. (In Russ.)
14. Smirnova N.V., Nechaeva T.V., Baschuk A.G., Proceedings of the International scientific conference: On the 100th anniversary of Academician G.V. Dobrovolsky, for the International Year of Soils “The role of soils in the biosphere and human life”, Moscow, 2015, pp. 115–117: <http://soilinst.msu.ru/wp-content/uploads/2015/10/Materialy-dokladov.pdf>. (In Russ.)
15. Kiryushin V.I., *Teoriya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya i projektirovanie agrolandshaftov* (The theory of adaptive-landscape agriculture and the design of agricultural landscapes), Moscow: Kolos, 2011, 443 p.: <https://www.twirpx.com/file/1381509/>. (In Russ.)
16. Karmanov I.I., Klopotovskiy A.P., *Metodicheskie ukazaniya po bonitirovke pochv SSSR* (Methodical instructions for appraisal of soils of the USSR), Moscow, 1975, 59 p. (In Russ.)
17. Gavriluk F.Ya., *Bonitirovka pochv* (Soil assessment), Rostov: Rostov University Press, 1984, 226 p. (In Russ.)
18. Mamedov G.Sh., Jafarov A.B., *Bonitirovka pochv* (Soil appraisal), Baku: Science, 1997, 174 p. (In Azerb.)
19. Babaeva A.D., *Ekologicheskij monitoring plodorodiya pochv bassejna rek Gyandzhachaj-SHamkirchaj* (Ecological monitoring of soil fertility in the Ganjachay-Shamkirchay river basin), Baku: Nauka, 2010, 355 p. (In Azerb.)
20. Salaev M.E., *Pochvy Malogo Kavkaza* (Soils of the Lesser Caucasus), Baku: Science, 1966, 328 p. (In Russ.)
21. Alieva G.M., *Agroekologicheskie osobennosti i monitoring pochv bassejna reki Kyurekchaj* (Agroecological features and monitoring of soils in the Kyurekchay river basin), Abstract of the thesis. diss., Baku, 2016, 20 p. (In Azerb.)
22. Aslanova R.Kh., Influence of microrelief on the diagnostic parameters of gray-brown (chestnut) soils of the Ganja-Gazakh massif, *Pochvovedenie i Agrohimiya*, 2019, No. XVIII, pp. 45–52. (In Azerb.)
23. Mamedov Z.R., Biomorphogenetic and bioecological features of mountain-brown soils common on the northeastern slope of the Lesser Caucasus, *Sbornik trudov Azerbajdzhanskogo Obshchestva Pochvovedov*, 2017, No. XI, part. I, pp. 466–472. (In Azerb.)

ВЛИЯНИЕ МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА БАКСИБ НА ОЗИМЫЙ ЯЧМЕНЬ И СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО

^{1,2}С.М. Нерсисян, аспирант

^{1,2,3}И.М. Дубовский, доктор биологических наук, профессор

¹Л.Н. Коробова, доктор биологических наук, профессор

¹Новосибирский государственный аграрный университет

²Томский государственный университет

³Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

E-mail: smnersesyan@gmail.com

Ключевые слова: ячмень, биопрепарат БакСиб, почвенные микроорганизмы, урожайность, стимуляция роста растений, защита растений, чернозем южный.

Реферат. Показана эффективность бактеризации озимого ячменя Базальт комплексным микробным препаратом БакСиб полусухим методом обработки семян (10 л/т рабочего раствора) и однократной обработкой вегетирующих растений на черноземе южном совместно с химическими пестицидами и без них. После обработки препаратом наблюдалось снижение численности микроскопических грибов в почве до 3 раз в фазе кущения и на 21% в фазе полной спелости в сравнении с контролем, увеличение числа аммонификаторов от 44 до 81,4%, увеличение численности бактерий, усваивающих минеральный азот, от 79 до 116%. Выявлено стимулирующее действие БакСиб на высоту растений ячменя во все фазы роста на 7,9–13,3% в сравнении с контролем. Урожайность ячменя повысилась до 9%, увеличилось количество зерен в колосе на 9,6% по сравнению с контролем и на 6,4% при сравнении полной технологии защиты растений хозяйства и дополнительной бактеризации препаратом БакСиб. Определена совместимость БакСиб с инсектицидом для протравливания семян Клотиаинидином Про (клотиаинидин 350 г/л) и фунгицидом Сфинксом (тебуконазол 60 г/л). Показано, что под действием химических протравителей исходный титр биопрепарата (10^{10} – 10^{12} клеток) снижается в 3–4 раза; максимальное снижение, отмеченное для отдельных групп микроорганизмов БакСиб, составляет два порядка. Препарат способствовал пролонгированному увеличению в черноземе южном копийотрофных бактерий и пополнению ее азотного фонда в важный для зерновой продуктивности период колошения за счет повышенной минерализации органических остатков в почве.

THE INFLUENCE OF THE MICROBIAL PREPARATION BAKSIB ON WINTER BARLEY AND THE STATE OF SOUTHERN CHERNOZEM

^{1,2}S.M. Nersesyan, Postgraduate Student

^{1,2,3}I.M. Dubovskiy, Doctor of Biological sciences, Professor

¹L.N. Korobova, Doctor of Biological sciences, Professor

¹Novosibirsk State Agrarian University

²Tomsk State University

³Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences

E-mail: smnersesyan@gmail.com

Keywords: barley, biological product BakSib, soil microorganisms, productivity, stimulation of plant growth, plant protection, southern chernozem.

Abstract. In the article, the authors showed the effectiveness of bacterization of winter barley variety Basalt with a complex microbial preparation BakSib. The authors used a semi-dry method of seed treatment (10 l/t of working solution) and a single treatment of vegetative plants on the southern chernozem together with chemical pesticides and without them. After treatment with the drug was observed: 1) a decrease in the number of microscopic fungi in the soil up to 3 times in the tillering phase and by 21% in the full ripeness phase in comparison with the control; 2) an increase in the number of ammonifiers from 44 to 81.4%; 3) an increase in the number of bacteria that assimilate mineral nitrogen from 79 to 116%. The authors revealed the stimulating effect of BakSib on the height of barley plants in all growth phases by 7.9–13.3% compared to the control. The yield of barley increased to 9%, and the number of grains per ear increased by 9.6% compared to the control and by 6.4% when comparing the full

technology of plant protection of the farm and additional bacterization with BakSib. The authors also determined the compatibility of BakSib with the insecticide Clothianidin Pro (clothianidin 350 g/l) and the fungicide Sphinx (tebuconazole 60 g/l) for seed dressing. During the study, the authors found that under the action of chemical protectants, the initial titer of the biological product (1010–1012 cells) is reduced by 3–4 times. The maximum decrease noted for individual groups of Baksiba microorganisms is two orders of magnitude. The drug contributed to a prolonged increase in copiotrophic bacteria in the southern chernozem and replenishment of its nitrogen fund during the heading period, which is important for grain productivity due to increased mineralization of organic residues in the soil.

Ячмень – одна из древнейших культур земледелия, посевы которого распространены повсеместно. Россия занимает первое место в мире по производству ячменя [1]. Хозяйственное значение ячменя огромно. Это универсальная культура. Она имеет продовольственное, кормовое, техническое значение. Ячмень является хорошим предшественником других сельскохозяйственных культур, включая зерновые [2]. Таким образом, посевы ячменя имеют большую ценность и практическое значение, поэтому особенно важно совершенствовать приемы агротехники с учетом биологических особенностей культуры и почвенно-климатических условий.

Современное сельхозпроизводство характеризуется применением большого количества минеральных удобрений и химических средств защиты растений, которые негативно влияют на почвенную биоту и приводят к агроистощению почв [3–4].

Самым значимым фактором в любом сельскохозяйственном производстве является плодородие почв, которое обеспечивает хороший урожай. Почва представляет собой сложный живой организм, а ее плодородие зависит от наличия гумуса, органического вещества и почвенной биоты, которая и превращает органическое вещество в гумус и «производит» питательные вещества для растений. Среди обитателей почвы ключевую роль играют микроорганизмы, в связи с этим в последние годы они все чаще стали использоваться в сельском хозяйстве в качестве основы для биопрепаратов.

Микроорганизмы находятся в тесных взаимоотношениях с растениями и оказывают влияние друг на друга [5]. Бактерии, ассоциированные с растениями, стали объектом активных исследований только с середины 1970-х гг. Таксономически эти бактерии чрезвычайно разнообразны, наиболее изучены представители родов *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* и *Bacillus* [6, 7].

Микроорганизмы оказывают прямое и косвенное влияние на рост и развитие растений. К прямому воздействию принято относить: фиксацию атмосферного азота, гормо-

нальную стимуляцию, увеличение доступных для растений питательных веществ, деградацию ксенобиотиков. Косвенное влияние связано с угнетением роста фитопатогенных микроорганизмов и повышением устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды [6, 8]. С этих позиций микробиологические препараты для растениеводства и их влияние на состояние почвы представляют как научный, так и практический интерес для исследований.

Цель исследования – определение хозяйственной эффективности применения микробиологического препарата БакСиб на культуре ячменя сорта Базальт отдельно и при включении его в используемую технологию хозяйства в качестве биологического фактора влияния на состояние почвы.

В задачи исследования входило определение выживаемости микроорганизмов в баковых смесях с химическими пестицидами, анализ микрофлоры почвы и учет морфометрических показателей ячменя, а также оценка структуры урожая и урожайности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования стали микробиологический препарат БакСиб, разработанный кафедрой агроэкологии и микробиологии Новосибирского государственного аграрного университета и производимый компанией ООО «ЭМ-Биотех», озимый ячмень сорта Базальт и чернозем южный Ставропольского края.

Исследования проводились на производственном поле ООО СельхозПром Ставропольского края, а также на лабораторной базе кафедры защиты растений Новосибирского государственного аграрного университета. Почва – чернозем южный, технология обработки почвы – минимальная. Общий минеральный фон: аммофос (12–52) – 100 кг/га, удобрение серосодержащее $N_{16}P_{20}+S_{12}$ – 100 кг/га, КАС-32 – 130 кг/га. Культура – озимый ячмень, сорт Базальт,

предшественник – озимая пшеница, сорт Баграт. Глубина заделки семян – 4 см, междурядья – 15 см, норма высева – 3 млн семян на 1 га (125 кг).

Обработка семян проводилась на ПС-10, расход рабочей жидкости 12 л/т. Для обработки семян ячменя использовались препараты: Клотиаанидин Про (инсектицид, д.в. – клотиаанидин 350 г/л), Сфинкс (фунгицид, д.в. – тебуконазол 60 г/л), Agromax Осенний уход (состав, г/л: P – 20, K – 35, Mg – 3,5, S – 5, Mn, Cu, Zn, Co, Se – менее 2 г/л), микробиологический препарат БакСиб. Последний представляет собой комплекс агрономически полезных микроорганизмов, засеянных на пшеничные отруби, с составом: *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Bacillus amyloliquefaciens*. Титр клеток 10^{10} – 10^{12} .

Предпосевная обработка почвы: дискование (агрегат – «Доминанта Д-620п»), рыхление (плуг чизельный ПЧ-4), культивация («Малахит»), прикатывание (каток УГП-6), глубина обработки почвы 7–15 см. Посев производился посевным комплексом Amazone DMC-9000 15 октября 2020 г.

Для обработки вегетирующих растений использовался самоходный штанговый опрыскиватель «Туман-2М», применяемые пре-

параты: Оксанол (адъювант, д.в. – этоксилат алифатических спиртов 750 г/л), Агностар (гербицид, д.в. – трибенурон-метил, 750 г/кг), ТифилАгро (гербицид, д.в. – тифенсульфурон-метил, 750 г/кг), микробиологический препарат БакСиб (титр клеток 10^{10} – 10^{12}).

Схема производственного опыта (табл. 1) включала 4 варианта:

1. Контроль (без обработок).
2. БакСиб (обработка семян препаратом БакСиб + обработка растений в фазе колошения препаратом БакСиб)
3. БакСиб + химические средства защиты растений (обработка семян препаратом БакСиб и химическими протравителями семян + обработка растений в фазе колошения препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений).
4. Химические средства защиты растений (обработка семян химическими протравителями семян + обработка растений в фазе колошения химическими средствами защиты растений).

Варианты опыта были разделены на делянки: контроль – 8 га, БакСиб – 7,7 га, БакСиб + химические средства защиты растений – 14,7 га, химические средства защиты растений – 12,1 га.

Таблица 1

Схема производственного опыта
Field Experience Scheme

Вариант	Семенной материал		Период вегетации			
	Препарат	Норма расхода, л/т	Пестицид	Норма расхода, л/га	Биопрепарат	Норма расхода, л/т
1	2	3	4	5	6	7
Контроль	–	–	–	–	–	–
БакСиб	БакСиб	0,08	–	–	БакСиб	0,05
БакСиб + химические средства защиты растений	Клотиаанидин Про (инсектицид), 350 г/л	0,72	Оксанол (адъювант)	0,2	БакСиб	0,05
	Сфинкс (фунгицид)	0,36	Агностар (гербицид)	0,02		
	Агностар Осенний уход	1	Тифил Агро (гербицид)	0,015		
	БакСиб	0,08	Триафол (фунгицид)	0,5		

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Химические средства защиты растений	Клотианидин	0,72	Оксанол (адыювант)	0,2	БакСиб	0,05
	Сфинкс (фунгицид)	0,36	Агростар (гербицид)	0,02		
	Agromax (микроэлементы)	1	Тифил Агро (гербицид)	0,015		
	–	–	Триафол (фунгицид)	0,5		

Совместимость биопрепарата с пестицидами. Для определения выживаемости культур микроорганизмов в баковых смесях с пестицидами отдельные культуры микроорганизмов выдерживали 5 ч в баковой смеси с протравителями: Клотианидин Про и Сфинкс, после чего был произведен посев на селективные питательные среды: капустная среда для *Lactiplantibacillus*, Эшби для *Azotobacter* и МПА для *Bacillus*.

Микробиологические исследования. Микробиологические посевы были произведены 4 раза за сезон – в ноябре в фазе 2–3 листьев, в феврале в фазе кущения, в апреле в фазе колошения и в июне перед уборкой. Отбор почвы производили по диагонали в 5 точках по всей длине делянки, глубина 5–20 см, смешивали среднюю пробу и методом предельных разведений осуществляли посев на питательные среды, после чего был произведен подсчет КОЕ различных эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов. На среде МПА (мясо-пептонный агар) учитывали бактерии, усваивающие органический азот, на среде КАА (крахмало-аммиачный агар) – бактерии, усваивающие минеральный азот, на ГА (голодный агар) – олиготрофные микроорганизмы, на среде Чапека – микроскопические грибы [9, 10].

Исследования растений. Для морфометрического анализа и определения фитомассы отбор растений проводился 3 раза за сезон (в феврале в фазе кущения, в апреле в фазе колошения и в июне перед уборкой) в 10-кратной повторности, 100 растений для каждого варианта. Исследуемые показатели: длина и биомасса (сырая) корневой системы и надземной части, площадь листьев, толщина стебля.

Для оценки корневой системы растения выкапывали с площади 20 x 20 см на глубину 25 см, после чего корневую систему отмыва-

ли, измеряли длину и после подсушивания на воздухе в течение 3 ч. производили взвешивание.

Измерение площади листьев проводилось в фазе колошения в пятикратной повторности, производился замер трех верхних листьев у 50 растений. Измеряли наибольшую длину и ширину (А и В) листовой пластинки. Используя универсальный коэффициент 0,75, находили площадь ($S = A \times B \times 0,75$) для каждого элемента выборки.

Биологическую урожайность учитывали в четырехкратной повторности, отобрав 10 сентябрь снопы с площадок 0,25 м². Бункерную урожайность высчитывали после взвешивания зерна всего опытного участка и деления полученной массы на площадь участка.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы GraphPad Prism версия 9.2.0. Статистический метод – односторонний дисперсионный анализ (ANOVA) с поправкой Бонферрони для множественных сравнений. Полученные данные достоверны при $p < 0,05$ (* различия достоверны на 5 %-м уровне значимости; ** различия достоверны на 1 %-м уровне значимости; *** различия достоверны на 0,1 %-м уровне значимости)

Погодные условия сезона 2020/21 г. (рис. 1) были достаточно хорошими для развития озимого ячменя. Гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период составил 1,3, что характеризует условия естественного увлажнения как умеренные. С февраля по июнь осадков выпадало больше нормы на 5,1 (апрель) – 33,2 мм (февраль) по сравнению с многолетними данными. В сравнении со среднемноголетними данными, за исключением марта, температуры также были выше весь вегетационный период, что в целом положительно сказалось на вегетации растений.

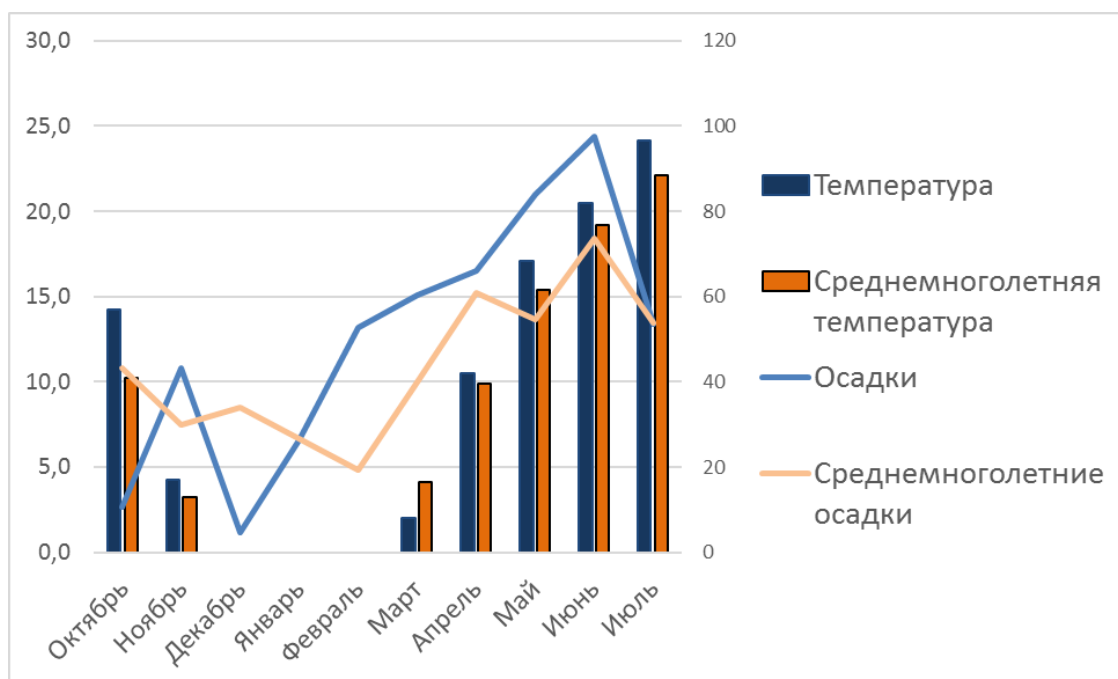


Рис. 1. Агроклиматическая характеристика вегетационного периода 2020/21 г. (по ГМС «Невинномысск»)

Fig. 1. Agro-climatic characteristics of the growing season 2020/21 (according to the Nevinnomyssk Hydrometeorological Station).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Совместимость биопрепарата с пестицидами. В интегральной защите растений при применении биологических препаратов на основе живых организмов совместно с химическими пестицидами очень важно провести проверку влияния последних на биологические агенты. Известно, что химические протравители могут угнетать или полностью уничтожать микроорганизмы в зависимости от действующего вещества и его концентрации [11, 12]

Установлено, что исследуемые протравители достоверно снижают титр всех микро-

организмов в препарате БакСиб – от 4,3 раза (*B. subtilis*) до двух порядков (*Az. croococcum*, *L. plantarum*). Это обусловлено тем, что большая часть клеток бацилл в препарате находится в виде спор, а они обладают повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды [13]. Клотиаидин угнетает микроорганизмы немного сильнее, чем тебуконазол, однако при этом окончательный титр микроорганизмов не снижался до критических значений, а оставался на достаточно высоком уровне (табл. 2). С учетом полученных данных были скорректированы нормы применения препарата.

Таблица 2

Изменение титра микроорганизмов препарата БакСиб под воздействием протравителей, КОЕ в 1 мл (среднее $\pm$ SD)

Change in the titer of microorganisms of the BakSib preparation under the influence of protectants, CFU in 1 ml (mean $\pm$ SD)

Микроорганизм	Вариант		
	контроль	350 г/л клотианидин	60 г/л тебуконазол
<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	21,6 $\pm$ 5,1 $\times 10^{12}$	15,8 $\pm$ 4,8 $\times 10^{10}$	6,3 $\pm$ 2,4 $\times 10^{11}$
<i>Azotobacter chroococcum</i>	4,3 $\pm$ 1,6 $\times 10^{11}$	5,7 $\pm$ 2,5 $\times 10^9$	9,2 $\pm$ 4 $\times 10^9$
<i>Bacillus megaterium</i>	6,3 $\pm$ 1,7 $\times 10^{12}$	2,8 $\pm$ 1 $\times 10^{11}$	6 $\pm$ 1,2 $\times 10^{11}$
<i>Bacillus subtilis</i>	20,3 $\pm$ 4,2 $\times 10^{12}$	9,8 $\pm$ 1,5 $\times 10^{11}$	4,7 $\pm$ 0,7 $\times 10^{12}$
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	2,4 $\pm$ 0,5 $\times 10^{12}$	1,7 $\pm$ 0,4 $\times 10^{11}$	2,1 $\pm$ 0,5 $\times 10^{11}$

Микробиологические исследования. Микробиологические исследования показали, что обработка семян только микробным препаратом положительно повлияла на численность копийотрофных бактерий, которые развиваются при относительно высоких концентрациях углеродсодержащих питательных веществ [14], а также на общую численность микроорганизмов (табл. 3–6). Численность аммонификаторов (бактерий, усваивающих органический азот, участвующих в минерализации азотсодержащих органических соединений) по сравнению с контролем в варианте с биопрепаратом была достоверно выше во всех фазах развития растений (на 44–81,4%), численность бактерий, усваивающих минеральный азот и иммобилизирующих почвенный аммоний, выше на 79–116% во все фазы вегетации, кроме кущения. Соотношение этих групп в виде КАА/МПА, согласно классической почвенной микробиологии, свидетельствует о напряженности процесса минерализации органических остатков в почве и пополнении ее азотного фонда. Более всего это важно для культуры в фазу колошения и налива зерна. Положительное влияние микроорганизмов БакСиба, привнесенных с семенами, на обогащение почвы азотом четко проявилось в опыте именно в этот пери-

од. Коэффициент минерализации (бактерии КАА/ бактерии МПА) был однозначно выше в почве тех вариантов, где использовался биопрепарат (рис. 2). Особенно это проявилось относительно применения химических средств защиты растений, где минерализация оказалась существенно подавленной.

В вариантах опыта с применением БакСиба наблюдалось снижение численности микроскопических грибов, что представляет собой положительный эффект бактериализации посевов: до 3 раз в фазе кущения ячменя и на 21% в фазе полной спелости. Фунгистатическая и фунгицидная активность видов микроорганизмов, входящих в состав препарата БакСиб, подтверждается множеством исследований [15–17].

В вариантах с применением химических средств защиты растений численность грибов также была ниже (от 1,5 до 5 раз) во все исследуемые периоды, что обусловлено применением фунгицидных препаратов (табл. 3–6). Численность других групп микроорганизмов после применения химических пестицидов менялась неоднозначно как по фазам, так и по группам: наблюдалось и отсутствие эффекта, и угнетение, и стимуляция. Такая динамика не поддается объяснению и требует дополнительных исследований.

Таблица 3

Микрофлора почвы при обработке препаратом БакСиб и химическими СЗР в фазе всходов (2–3 листа), млн КОЕ на 1 г почвы

Soil microflora after treatment with BakSib and chemical plant protection products in the seedling phase (2–3 leaves), million CFU per 1 g of soil

Вариант	МПА	КАА		ГА
		всего	актиномицеты	
Контроль	3	5,4	0,56	7
БакСиб	5,5*	10,8*	0,69	7,5
Химические средства защиты растений +БакСиб	3,6	3,7	0,78	4,1*
Химические средства защиты растений	3	5,8	0,47	8,3

Таблица 4

Микрофлора почвы при обработке препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений в фазе кущения, млн КОЕ на 1 г почвы

Soil microflora when treated with BakSib and chemical plant protection products in the tillering phase, million CFU per 1 g of soil

Вариант	МПА	КАА		ГА	ЧА, тыс/г
		всего	актиномицеты		
1	2	3	4	5	6
Контроль	5,5	7,9	3,6	4,8	36
БакСиб	8*	6,9	1,2*	5,2	12*

Оконание табл. 4

1	2	3	4	5	6
БакСиб+ химические средства защиты растений	1,8**	4,8	2,9	4,4	29
Химические средства защиты растений	1,4**	2*	0,7**	6,1	7**

Таблица 5

Микрофлора почвы при обработке препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений в фазу колошения, млн КОЕ на 1 г почвы

Soil microflora when treated with BakSib and chemical plant protection products in the heading phase, million CFU per 1 g of soil

Вариант	МПА	КАА		ГА	ЧА, тыс/г
		всего	актиномицеты		
Контроль	2,6	2,5	0,9	5,4	10,6
БакСиб	4,6*	5,4***	1,4	3,6**	4,6*
БакСиб+химические средства защиты растений	4,7*	5,5***	1,4	4*	6,6*
Химические средства защиты растений	8*	3,4	1,5*	5,9	3,9**

Таблица 6

Микрофлора почвы при обработке препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений в фазе полной спелости, млн КОЕ на 1 г почвы

Soil microflora when treated with BakSib and chemical plant protection products in the phase of full ripeness, million CFU per 1 g of soil

Вариант	МПА	КАА		ГА	ЧА, тыс/г
		всего	актиномицеты		
Контроль	4,2	2,4	0,3	43	31
БакСиб	6,5*	4,3	0,7	38,5	24,5
БакСиб+химические средства защиты растений	3,1	3,8	0,8	32	26
Химические средства защиты растений	4,3	8,3*	1*	51,3	20,3*

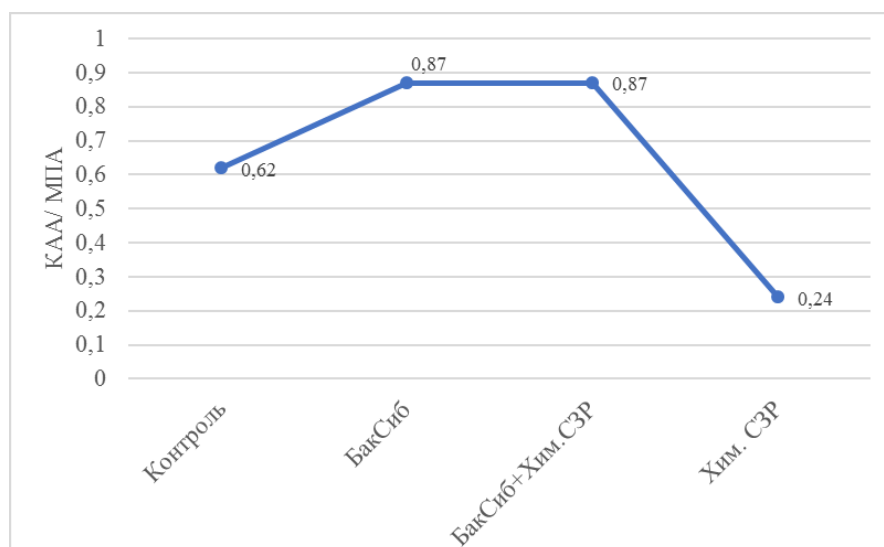


Рис. 2. Тренд изменения минерализационной активности чернозема выщелоченного в фазу колошения озимого ячменя при применении биопрепарата БакСиб

Fig. 2. The trend of changes in the mineralization activity of chernozem leached in the heading phase of winter barley with the use of the biological product BakSib

Морфометрические показатели растений. Во всех вариантах опыта наблюдалась достоверная положительная разница по длине надземной части в сравнении с контролем от 13,3% (БакСиб) до 17,4 (химические средства защиты растений) в фазе кущения и от 7,9% (БакСиб) до 12,7% (БакСиб+химические средства защиты растений) в фазе колошения. В варианте с химическими средствами защиты растений также отмечалась достоверная прибавка по длине корня (рис. 3, 4).

Препарат БакСиб на минеральном фоне оказывал положительное влияние на развитие

растений, однако при совместном применении химических средств защиты растений и микроэлементов дополнительного стимулирующего эффекта на длину корневой системы и стебля не оказал.

В фазе колошения прослеживалась достоверная разница по площади листовой поверхности в вариантах только с химическими средствами и вместе с БакСибом, прибавка составила 28 и 14,9% соответственно по сравнению с контролем (рис. 5). Вероятно, на развитие листа повлияли применяемые в этих вариантах микроэлементы.

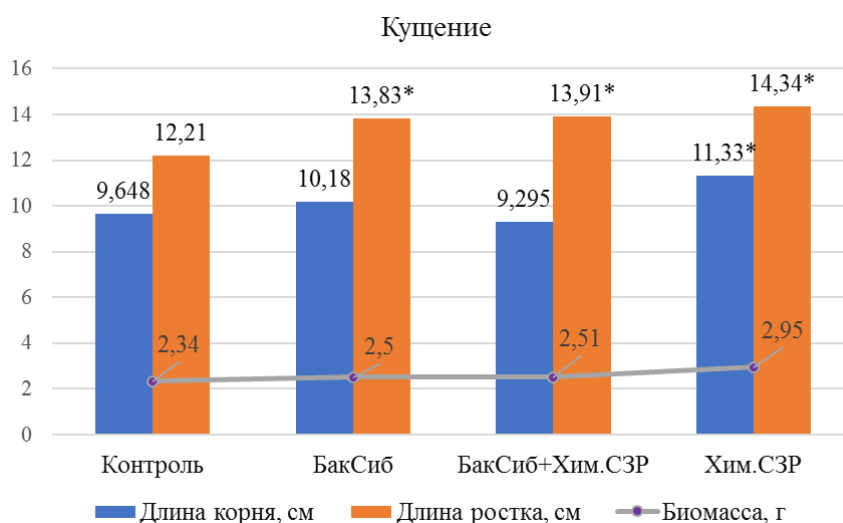


Рис. 3. Морфометрические показатели растений ячменя в фазе кущения при обработке препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений

Fig. 3. Morphometric parameters of barley plants in the tillering phase when treated with BakSib and chemical plant protection products

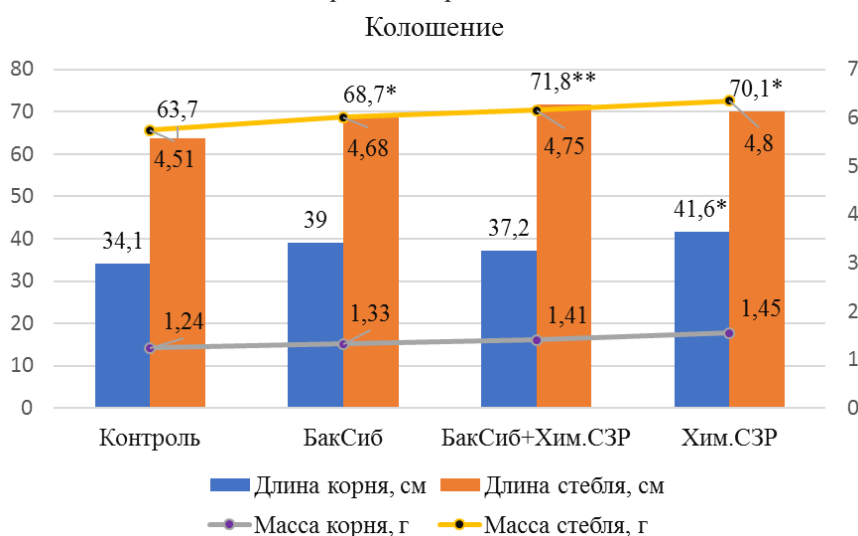


Рис. 4. Морфометрические показатели растений ячменя в фазе колошения при обработке препаратом БакСиб и химическими средствами защиты растений

Fig. 4. Morphometric parameters of barley plants in the earing phase when treated with BakSib and chemical plant protection products

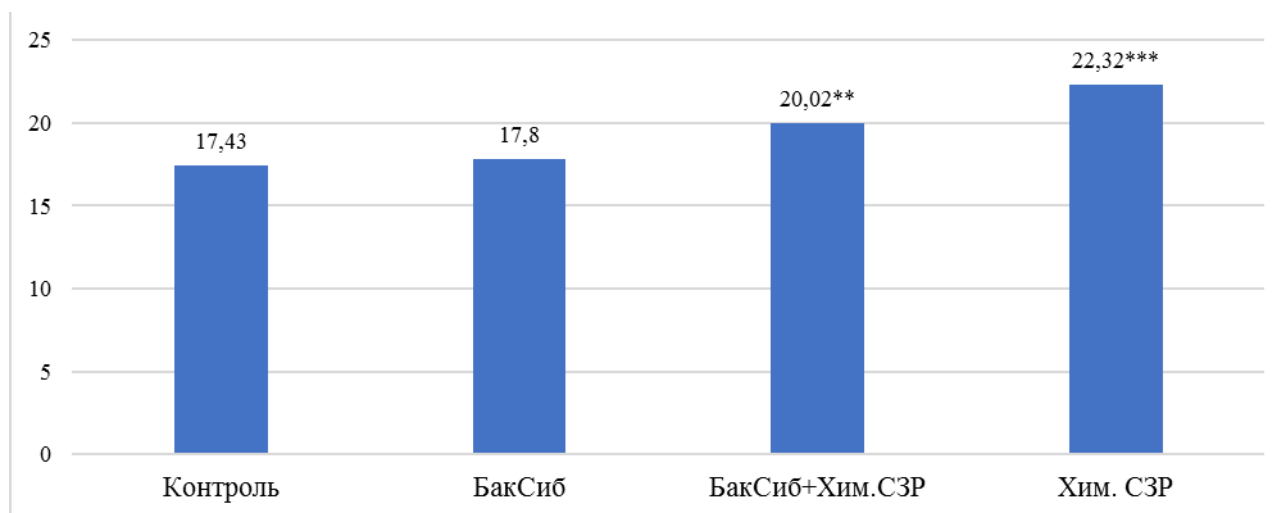


Рис. 5. Площадь листовой поверхности ячменя в фазе колошения при обработке препаратом БакСиb и химическими средствами защиты растений

Fig. 5. The area of the leaf surface of barley in the heading phase when treated with BakSib and chemical plant protection products

Анализ урожая. Применение микробного препарата БакСиb достоверно увеличило количество зерен в колосе ячменя (табл. 7), что сказалось на урожайности: фактическая (бункерная) урожайность в варианте с БакСиb

составила 50,39 ц/га, что на 9% больше, чем в контроле, а в варианте БакСиb+химические средства защиты растений – 50,64 ц/га, что на 2,8% больше, чем в варианте без бактеризации (табл. 8).

Таблица 7

Элементы структуры урожая ячменя при обработке препаратом БакСиb и химическими средствами защиты растений (среднее $\pm$ SD)

Elements of the structure of barley yield after treatment with BakSib and chemical plant protection products (mean $\pm$ SD)

Вариант	Длина стебля, см	Толщина стебля, мм	Кол-во зерен в колосе, шт.	Длина колоса, см	Масса 1000 зерен, г	Густота стояния, растений на 1 м ²
Контроль	70,96 $\pm$ 8,4	0,366 $\pm$ 0,050	25,0 $\pm$ 3,9	6,51 $\pm$ 0,78	44,40 $\pm$ 0,23	425,8 $\pm$ 34,0
БакСиb	77,68 $\pm$ 5,8***	0,378 $\pm$ 0,060	27,4 $\pm$ 3,7*	6,19 $\pm$ 0,84	43,94 $\pm$ 0,09	432,1 $\pm$ 36,0
БакСиb+химические средства защиты растений	77,67 $\pm$ 6,3***	0,388 $\pm$ 0,050	28,2 $\pm$ 3,6*	6,24 $\pm$ 1,02	43,73 $\pm$ 0,38	440,2 $\pm$ 40,0
Химические средства защиты растений	80,69 $\pm$ 6***	0,391 $\pm$ 0,060*	26,5 $\pm$ 2,9	6,36 $\pm$ 0,96	43,99 $\pm$ 0,25	454,6 $\pm$ 43,0

Таблица 8

Урожайность ячменя при обработке препаратом БакСиb и химическими средствами защиты растений (среднее $\pm$ SD), ц/га

Barley yield after treatment with BakSib and chemical plant protection products (average $\pm$ SD), centner/ha

Вариант	Биологическая урожайность	Бункерная урожайность
Контроль	51,82 $\pm$ 3,10	46,19
БакСиb	52,08 $\pm$ 3,30	50,39
БакСиb+химические средства защиты растений	54,29 $\pm$ 5,60	50,64
Химические средства защиты растений	52,94 $\pm$ 2,50	49,26

ВЫВОДЫ

1. Протравители семян Клотиаиндин Про и Сфинкс снижают титр исследуемых микроорганизмов на 1–2 порядка, в соответствии с этим подобрана оптимальная концентрация для применения в составе баковых смесей при использовании препарата БакСиб. Препарат БакСиб на минеральном фоне оказывает положительное влияние на развитие растений ячменя, однако при совместном применении химических средств защиты растений и микроэлементов дополнительного стимулирующего эффекта на длину корневой системы и стебля не выявлено. Обработка микробным препаратом БакСиб увеличивает число зерен в колосе ячменя и его урожайность на 9% в

сравнении с контролем и на 2,8% – с технологией химической защиты растений.

2. Применение БакСиба положительно сказалось на состоянии чернозема южного. Препарат способствовал пролонгированному увеличению в почве копиотрофных бактерий и пополнению ее азотного фонда в важный для формирования зерновой продуктивности период колошения за счет повышенной минерализации органических остатков в почве.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 гг. (Соглашение № 075-15-2021-1401 от 3 ноября 2021 г.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Производство ячменя в мире. Страны – производители ячменя* [Электронный ресурс] // ab-centre.ru: аналитический центр агробизнеса. – 2016, янв. – Режим доступа: <https://ab-centre.ru/page/strany-proizvoditeli-yachmenya> (дата обращения: 10.05.2022).
2. *Блиев С.Г., Жеруков Б.Х.* Новое в товароведении зерна и продуктов его переработки: учебник. – Нальчик: Полиграфсервис и Т, 2002. – 368 с.
3. *Симонов В.Ю.* Экологические последствия фунгицидов на микробную популяцию и биохимическую активность почвы // Вестник ФГОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия». – 2011. – № 1. – С. 16–21.
4. *Коробова Л.Н., Шинделов А.В.* Микробный отклик выщелоченного чернозема на превышение нормы гербицидной нагрузки // Вестник Алтайского государственного университета. – 2012. – № 8 (94). – С. 51–54.
5. *Ohkama-Ohtsu N., Wasaki J.* Recent progress in plant nutrition research: cross-talk between nutrients, plant physiology and soil microorganisms // Plant Cell Physiol. – 2010. – Vol. 51. – P. 1255–1264.
6. *Ассоциативный симбиоз* / О.В. Бухарин, Е.С. Лобакова, Н.В. Немцева, С.В. Черкасов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2006. – 264 с.
7. *Максимов И.В., Абизгильдина Р.Р., Пусенкова Л.И.* Стимулирующие рост растений микроорганизмы как альтернатива химическим средствам защиты от патогенов // Прикладная биохимия и микробиология. – 2011. – Т. 47. – С. 373–385.
8. *Van Loon L.C.* Plant responses to plant growth promoting rhizobacteria // Eur. J. Plant Pathol. – 2007. – Vol. 119. – P. 243–254.
9. *Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И.* Практикум по микробиологии. – М.: Дрофа, 2005. – 256 с.
10. *Изменение почвенно-биологических процессов и структуры микробного сообщества агро-черноземов при разных способах обработки почвы* / О.В. Кутовая, А.М. Гребенников, А.К. Тхакахова [и др.] // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2018. – Вып. 92. – С. 35–61. – DOI: 10.19047/0136-1694-2018-92-35-61.
11. *Совместное использование микроорганизмов с фосфат-растворяющими и фунгицидными свойствами для повышения урожайности и защиты зерновых культур от фузариозов* / С.К. Жиглецова, А.А. Старшов, М.В. Клыкова [и др.] // Агрохимия. – 2015. – № 7. – С. 49–57. – EDN TZFJAL.
12. *Жевнова Н.А., Войтка Д.В., Федорович М.В.* Совместное применение химических и биологических препаратов для защиты растений и снижения пестицидного пресса на агроценозы // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: материалы

- Международной научно-практической конференции, Краснодар, 11–13 сентября 2018 г. – Краснодар: ИП Дедкова С.А. (типография «Гранат»), 2018. – С. 392–395. – EDN XZEOMP.
13. Блинкова Л.П., Пахомов Ю.Д., Стоянова Л.Г. Свойства некультивируемых и покоящихся форм микроорганизмов // Иммунопатология, аллергология, инфектология. – 2010. – № 3. – С. 67–76. – EDN RWTUAV.
 14. Микробиологическая деградация поли-3-гидроксибутирата в образцах агрогеннопреобразованных почв / О.Н. Виноградова, С.В. Прудникова, Н.В. Зобова, В.Л. Колесникова // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. – 2015. – Т. 8, № 2. – С. 199–209. – DOI: 10.17516/1997-1389-2015-8-2-199-209. – EDN UGXPZF.
 15. Рахимова Н.Н., Алферова Н.Н., Некрасова Т.А. Фитомелиорация – метод восстановления почв загрязненных радионуклидами // Вести МАНЭБ Омской области. – 2014. – № 2(5). – С. 24–28. – EDN RFANNC.
 16. Перспективы применения бактерий – продуцентов липопептидов для защиты растений (обзор) / И. В. Максимов, Б. П. Сингх, Е. А. Черепанова [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 2020. – Т. 56, № 1. – С. 19–34. – DOI: 10.31857/S0555109920010134. – EDN AQQMZV.
 17. Коробова Л.Н., Гаврилец Т.В. Влияние биологического фунгицида Бактофит на возбудителей корневой гнили и микробоценоз яровой пшеницы // Вестник защиты растений. – 2006. – № 2. – С. 64–66.

REFERENCES

1. *Proizvodstvo yachmenya v mire. Strany proizvoditeli yachmenya* (Barley production in the world. Pages – barley growers), 2016: <https://ab-centre.ru/page/strany-proizvoditeli-yachmenya> (data obrashcheniya: 10.05.2022).
2. Bliev S.G., Zherukov B.Kh., *Novoe v tovarovedenii zerna i produktov ego pererabotki* (New in commodity science of grain and products of its processing), Nal'chik: Poligrafservis i T, 2002, 368 p.
3. Simonov V.Yu., *Vestnik FGOU VPO «Bryanskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya»*, 2011, No. 1, pp. 16–21. (In Russ.)
4. Korobova L.N., Shindelov A.V., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, No. 8 (94), pp. 51–54. (In Russ.)
5. Ohkama-Ohtsu N., Wasaki J., Recent progress in plant nutrition research: cross-talk between nutrients, plant physiology and soil microorganisms, *Plant Cell Physiol.*, 2010, Vol. 51, pp. 1255–1264.
6. Bukharin O.V., Lobakova E.S., Nemtseva N.V., Cherkasov S.V., *Assotsiativnyy simbioz* (Associative symbiosis), Ekaterinburg: UrO RAN, 2006, 264 p.
7. Maksimov I.V., Abizgil'dina R.R., Pusenkova L.I., *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 2011, T. 47, pp. 373–385. (In Russ.)
8. Van Loon L.C., Plant responses to plant growth promoting rhizobacteria, *Eur. J. Plant Pathol.*, 2007, Vol. 119, pp. 243–254.
9. Tepper E.Z., Shil'nikova V.K., Pereverzeva G.I., *Praktikum po mikrobiologii* (Workshop on Microbiology), Moscow: Drofa, 2005, 256 p.
10. Kutovaya O.V., Grebennikov A.M., Tkhakakhova A.K., Isaev V.A., Garmashov V.M., Besspalov V.A., Cheverdin Yu.I., Belobrov V.P., *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva*, 2018, Vyp. 92, pp. 35–61, DOI: 10.19047/0136-1694-2018-92-35-61. (In Russ.)
11. Zhigletsova S.K., Starshov A.A., Klykova M.V. [i dr.], *Agrokimiya*, 2015, No. 7, pp. 49–57, EDN TZFJAL. (In Russ.)
12. Zhevnova N.A., Voytka D.V., Fedorovich M.V., *Biologicheskaya zashchita rasteniy – osnova stabilizatsii agroekosistem* (Biological protection of plants - the basis for the stabilization of agroecosystems), Proceedings of the Conference, Krasnodar, 11–13 sentyabrya 2018 g., Krasnodar: IP Dedkova S.A. (tipografiya «Granat»), 2018, pp. 392–395, EDN XZEOMP. (In Russ.)
13. Blinkova L.P., Pakhomov Yu.D., Stoyanova L.G., *Immunopatologiya, allergologiya, infektologiya*, 2010, No. 3, S. 67–76, EDN RWTUAV. (In Russ.)

14. Vinogradova O.N., Prudnikova S.V., Zobova N.V., Kolesnikova V.L., *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Biologiya*, 2015, T. 8, No. 2, pp. 199–209, DOI 10.17516/1997-1389-2015-8-2-199-209, EDN UGXPZF. (In Russ.)
15. Rakhimova N.N., Rakhimova N.N., Alferova N.N., Nekrasova T.A., *Vesti MANEB Omskoy oblasti*, 2014, No. 2(5), pp. 24–28, EDN RFANNC. (In Russ.)
16. Maksimov I.V., Singkh B.P., Cherepanova E.A. [i dr.], *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 2020, T. 56, No. 1, pp. 19–34, DOI 10.31857/S0555109920010134, EDN AQQMZV. (In Russ.)
17. Korobova L.N., Gavrilcz T.V., *Vestnik zashhity` rastenij*, 2006, No. 2, pp. 64–66. (In Russ.)

УРОЖАЙНОСТЬ И АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

¹**В.А. Сапега**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²**Г.Ш. Турсумбекова**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹*Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия*

²*Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия*

E-mail: sapegavalerii@rambler.ru

Ключевые слова: яровая пшеница, сорт, урожайность, экологическая пластичность, адаптивность.

Реферат. Приводятся данные урожайности сортов яровой пшеницы по результатам их испытания по паровому предшественнику в условиях северной лесостепной зоны Тюменской области за 2019–2021 гг. Цель исследования – комплексная оценка среднеранних и среднеспелых сортов яровой пшеницы на основе их ранжирования по урожайности и параметрам адаптивности. Отмечено значительное варьирование индекса условий среды в годы испытания сортов. Наибольшая средняя урожайность отмечена у сортов Тюменская 25 (среднеранний, 47,7 ц/га) и КВС Аквилон (среднеспелый, 47,8 ц/га). Показатель стрессоустойчивости низкий у всех сортов и особенно у среднеспелых. Все сорта характеризовались значительной изменчивостью урожайности – от 21,0 (Новосибирская 15) до 28,7% (КВС Аквилон). Сильная отзывчивость на изменение условий выявлена у сортов Тюменская 25 ($b_i = 1,25$) и КВС Аквилон ($b_i = 1,21$). Эти сорта – интенсивные. Большинство сортов с коэффициентом регрессии, равным и близким единице, характеризовались как пластичные и отнесены к полунтенсивным. Уровень стабильности урожайности сортов низкий. Лучшими по данному параметру были сорта Екатерина ($I_{st} = 1,91$) и Икар ($I_{st} = 1,93$). Наибольшей общей адаптивной способностью характеризовались сорта Тюменская 25 (ОАС = 4,1) и КВС Аквилон (ОАС = 2,2). По сумме рангов оценки параметров урожайности и адаптивности лучшими в группе среднеранних признаны сорта Тюменская 25 и Екатерина (сумма рангов соответственно 17), а в группе среднеспелых – КВС Аквилон (сумма рангов 17).

YIELD AND ADAPTABILITY OF SPRING WHEAT VARIETIES OF DIFFERENT MATURITY GROUPS UNDER FOREST-STEPPE CONDITIONS OF THE NORTHERN TRANS-URALS

¹**V.A. Sapega**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

²**G.Sh. Tursumbekova**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

¹*Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia*

²*State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia*

E-mail: sapegavalerii@rambler.ru

Keywords: spring wheat, variety, yield, ecological plasticity, adaptability.

Abstract. In the article, the authors present data on the yield of spring wheat varieties based on the results of their testing on a fallow predecessor in the conditions of the northern forest-steppe zone of the Tyumen region for 2019–2021. The study aims to comprehensively assessment of mid-early and mid-season varieties of spring wheat based on their ranking in terms of yield and adaptability parameters. The authors note a significant variation in the index of environmental conditions during the years of variety testing. The highest average yield was noted in the varieties Tyumenskaya 25 (mid-early, 47.7 c/ha) and KVS Akvilon (mid-ripening, 47.8 c/ha). The stress resistance index is low in all varieties and mid-season ones especially. All varieties were characterized by significant yield variability - from 21.0 (Novosibirskaya 15) to 28.7% (KVS Akvilon). Strong responsiveness to changing conditions was found in varieties Tyumenskaya 25 ($b_i = 1.25$) and KVS Akvilon ($b_i = 1.21$). These varieties are intense. Most varieties with a regression coefficient equal to or close to one were characterized as plastic and classified as semi-intensive. The level of yield stability of varieties is low. The best varieties in this parameter were Ekaterina ($I_{st} = 1.91$) and Ikar ($I_{st} = 1.93$). The varieties Tyumenskaya 25 (OAS = 4.1) and KVS Akvilon (OAS = 2.2) were characterized by the highest general adaptive ability. According to the sum of the ranks assessing the parameters of productivity and adaptability, the varieties Tyumenskaya 25 and Ekaterina were recognized as the best in the group

of mid-early varieties (the sum of ranks, respectively, 17) and the group of mid-ripening varieties, KVS Akvilon (the sum of ranks, 17).

Пшенице принадлежит ведущая роль в обеспечении населения продовольствием и сельскохозяйственных животных кормовым зерном.

Яровая пшеница – основная зерновая культура Сибирского региона, на который приходится 40% площади посева этой культуры в стране [1]. В Тюменской области в среднем за 2017–2020 гг. площадь посева яровой пшеницы составила 397 тыс. га, а урожайность – 20,9 ц/га.

В повышение урожайности зерновых культур, в том числе и яровой пшеницы, наряду с изменением технологии возделывания, социально-экономическими условиями значительный вклад вносит внедрение высокопродуктивных сортов. Правильный выбор сорта позволяет повысить урожайность культуры на 30–50%, что является определяющим фактором интенсификации агротехнологий [2, 3].

Повышение урожайности тесно связано со способностью сортов противостоять действию комплекса абиотических и биотических факторов, снижающих их продуктивность.

В связи с этим выведение сортов с высоким потенциалом адаптивности является основным направлением современной селекции [4–6]. Важным критерием оценки адаптивности сорта выступает показатель его экологической пластичности и стабильности. Сочетание в сорте высокой потенциальной урожайности с устойчивостью к стресс-факторам – основной путь повышения урожайности и ее стабильности [7–11].

Различные методики изучения фенотипической стабильности генотипов при их испытании в различных агроэкологических условиях в настоящее время широко используются в селекции при оценке экологической пластичности сортов как в России, так и в мировой практике [12–18].

В связи с многомерностью генотип-средового взаимодействия не существует универсального и единого способа оценки адаптивности сортов, что диктует необходимость использования комплекса параметров для такой оценки [19].

Цель исследования – комплексная оценка среднеранних и среднеспелых сортов яровой пшеницы на основе их ранжирования по урожайности и параметрам адаптивности в усло-

виях северной лесостепной зоны Тюменской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для исследования послужили данные урожайности сортов яровой пшеницы по результатам их испытания за 2019–2021 гг. в условиях северной лесостепной зоны Тюменской области (III зона, северная лесостепь) [20]. Изучалось 8 сортов яровой пшеницы, допущенных к использованию за период 2001–2020 гг., в том числе 4 среднеранних (Новосибирская 15, Новосибирская 31, Тюменская 25, Екатерина) и 4 среднеспелых (Икар, Тюменская 29, Гренада, КВС Аквилон). Равное число сортов двух групп спелости было взято с целью сравнительной их оценки по урожайности и адаптивности и, в первую очередь, по таким показателям, как индекс условий среды и средняя урожайность в опыте.

Предшественник в годы испытания – пар. Срок посева сортов – вторая декада мая, норма высева – 6,5 млн всхожих семян на 1 га.

Учетная площадь делянки – 25 м², повторность – четырехкратная, размещение сортов в опыте – рендомизированное. Агротехника в опыте – общепринятая при возделывании яровой пшеницы в лесостепной зоне Тюменской области.

Индекс условий среды и экологическую пластичность сортов (коэффициент регрессии) определяли по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell [21], а стрессоустойчивость сортов – по уравнениям A.A. Rossielle, J. Hemblin [22] в изложении A.A. Гончаренко [23]. Изменчивость урожайности сортов и индекс ее стабильности определяли соответственно по методике Б.А. Доспехова [24] и Э.Д. Неттевича с соавт. [25], а общую адаптивную способность сортов – по методике A.B. Кильчевского, Л.В. Хотылевой [26].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Условия периода вегетации в годы испытания сортов яровой пшеницы характеризовались значительной контрастностью. Наибольшая вариабельность условий, исхо-

для из их индекса, отмечена при испытании среднеспелых сортов: от -11,6 (2021 г.) до 11,7 (2019 г.) (табл. 1).

Таблица 1

Индекс условий среды и урожайность сортов яровой пшеницы (III зона, северная лесостепь)
Index of environmental conditions and yield of spring wheat varieties (zone III, northern forest-steppe)

Сорт	Год допуска к использованию	Урожайность, ц/га			Средняя урожайность	
		2019 г.	2020 г.	2021 г.	ц/га	% *
Среднеранние сорта						
Новосибирская 15	2003	47,3	38,9	30,9	39,0	100,0
Новосибирская 31	2012	52,7	40,1	33,5	42,1	107,9
Тюменская 25	2012	62,2	45,0	35,9	47,7	122,3
Екатерина	2015	57,0	43,6	35,6	45,4	116,4
Среднесортная урожайность, ц/га		54,8	41,9	34,0		
Индекс условий среды (I _с)		11,2	-1,7	-9,6		
Средняя урожайность в опыте, ц/га					43,6	
Среднеспелые сорта						
Икар	2001	55,4	45,3	34,4	45,0	100,0
Тюменская 29	2013	55,3	44,5	33,1	44,3	98,4
Гренада	2020	56,4	46,2	33,8	45,5	101,1
КВС Аквилон	2020	62,1	46,7	34,7	47,8	106,2
Среднесортная урожайность, ц/га		57,3	45,7	34,0		
Индекс условий среды (I _с)		11,7	0,1	-11,6		
Средняя урожайность в опыте, ц/га					45,6	

* Среднеранние сорта – к сорту Новосибирская 15, среднеспелые сорта – к сорту Икар.

Необходимо отметить, что индекс условий даже в пределах одного и того же года исследования сильно варьирует у сортов различных групп спелости, что указывает на необходимость раздельного учета этого параметра при оценке адаптивности изучаемых сортов. Характер таких условий отразился на формировании величины урожайности как отдельных сортов, так и среднесортной их урожайности. Так, урожайность среднеспелого сорта КВС Аквилон в зависимости от условий среды варьировала от 34,7 (2021 г.) до 62,1 ц/га (2019 г.), а среднесортная урожайность в той же группе спелости – от 34,0 (2021 г.) до 57,3 ц/га (2019 г.).

Наиболее благоприятные условия для роста и развития сортов яровой пшеницы сложились в 2019 г.: индекс условий характеризовался величиной от 11,2 (среднеранние сорта) до 11,7 (среднеспелые сорта). В таких условиях отмечена максимальная реализация генетического потенциала сортов. Так, урожайность среднеспелых сортов в данных условиях варьировала от 55,3 (Тюменская 29) до 62,1 ц/га (КВС Аквилон) (см. табл. 1).

Сравнительно худшие условия сложились в 2020 и 2021 гг. испытания сортов и особенно в 2021 г. Индекс условий в 2021 г. варьировал от -9,6 (среднеранние сорта) до -11,6 (среднеспелые сорта). В таких условиях выявлено значительное снижение как урожайности отдельных сортов, так и среднесортной урожайности по сравнению с 2019 г.

Во все годы испытания сортов яровой пшеницы отмечен сравнительно высокий потенциал их урожайности независимо от условий среды согласно величине индекса. Так, даже при наиболее отрицательном индексе условий среды у среднеранних сортов в 2021 г., равном 9,6, их урожайность была на уровне от 30,9 (Новосибирская 15) до 35,9 ц/га (Тюменская 25), а у среднеспелых сортов при наиболее отрицательном индексе условий в том же году, равном 11,6, урожайность составила величину от 33,1 (Тюменская 29) до 34,7 ц/га (КВС Аквилон) (см. табл. 1).

В среднем за 2019-2021 гг. все изученные сорта характеризовались высокой урожайностью. У среднеранних сортов наибольший ее уровень отмечен у Тюменской 25 (47,7 ц/га), а у среднеспелых – КВС Аквилон (47,8 ц/га).

Во временной динамике допуска сортов к использованию выявлено повышение средней урожайности у большинства из них. Так, средняя урожайность сорта Екатерина (допущен к использованию в 2015 г.) была выше на 6,4 ц/га по сравнению с сортом Новосибирская 15 (допущен к использованию в 2003 г.). Все это указывает на повышение интенсивности сортов, созданных в последнее время. Вместе с тем в той же динамике наблюдается увеличение размаха между минимальной и максимальной урожайностью, что указывает на экологическую зависимость создаваемых сортов, отмечаемую А.А. Гончаренко [7, 23]. Таким образом, одностороннее направление селекции на высокий потенциал продуктивности, как отмечает А.А. Жученко [8], недостаточно эффективно из-за невозможности его реализации при неблагоприятных погодных факторах. Оценка изученных нами сортов по целому ряду параметров урожайности и адаптивности согласуется с вышеотмеченным заключением.

По величине средней урожайности в опыте за 2019–2021 гг. по паровому предшественнику в данной зоне и пункте испытания (III

зона, северная лесостепь, Ишимский ГСУ) среднеранние сорта яровой пшеницы уступали среднеспелым на 2,0 ц/га.

Наибольший уровень как минимальной, так и максимальной урожайности выявлен у среднераннего сорта Тюменская 25 (соответственно 35,9 и 62,2 ц/га) и среднеспелого КВС Аквилон (соответственно 34,7 и 62,1 ц/га) (табл.2).

Основным критерием адаптивности отбираемых генотипов в процессе селекции является уровень их урожайности в различных по месту и времени условиях среды [23].

Ведущим показателем адаптивности при оценке сортов в условиях континентального климата Сибирского региона выступает их стрессоустойчивость. Этот показатель имеет отрицательный знак, и чем он меньше по абсолютной величине, тем выше стрессоустойчивость сорта [23].

У большинства изученных нами сортов выявлено низкое значение данного параметра. Сравнительно лучшим по стрессоустойчивости в группе среднеранних сортов был Новосибирская 15 (-16,4), а в группе среднеспелых – Икар (-21,0).

Таблица 2

Урожайность и параметры адаптивности сортов яровой пшеницы, 2019-2021 гг.
(III зона, северная лесостепь)
Yield and adaptability parameters of spring wheat varieties, 2019-2021
(zone III, northern forest-steppe)

Сорт	Год допуска к использованию	min (Y ₂), ц/га	max (Y ₁), ц/га	Стрессоустойчивость (Y ₂ - Y ₁)	Изменчивость урожайности (v, %)	Пластичность (коэффициент регрессии, b _i)	Индекс стабильности (Ist)	Общая адаптивная способность (ОАС)
<i>Среднеранние сорта</i>								
Новосибирская 15	2003	30,9	47,3	-16,4	21,0	0,76	1,86	-4,6
Новосибирская 31	2012	33,5	52,7	-19,2	23,3	0,91	1,81	-1,5
Тюменская 25	2012	35,9	62,2	-26,3	28,1	1,25	1,70	4,1
Екатерина	2015	35,6	57,0	-21,4	23,8	1,01	1,91	1,8
<i>Среднеспелые сорта</i>								
Икар	2001	34,4	55,4	-21,0	23,3	0,93	1,93	-0,6
Тюменская 29	2013	33,1	55,3	-22,2	25,0	0,98	1,77	-1,3
Гренада	2020	33,8	56,4	-22,6	24,8	1,00	1,83	-0,1
КВС Аквилон	2020	34,7	62,1	-27,4	28,7	1,21	1,66	2,2

Изменчивость урожайности значительная у всех сортов. У среднеранних сортов она характеризовалась величиной от 21,0 (Новосибирская 15) до 28,1% (Тюменская 25), а у среднеспелых – от 23,3 (Икар) до 28,7% (КВС Аквилон) (см. табл. 2). Высокие зна-

чения варьирования урожайности сортов, по данным наших исследований, согласуются с рядом данных других исследователей, где отмечается снижение адаптивного потенциала сортов по мере повышения уровня их интенсивности [7, 27, 28].

Многочисленные данные оценки экологической пластичности сортов на основе модели S.A. Eberhart, W.A. Russell [21] показали, что доминирующее влияние на их урожайность оказывает фактор «год», а не пункт испытания [4]. В связи с этим оценка экологической стабильности сортов на основе многолетних данных позволяет выявить не только вариабельность того или иного признака по годам, но и идентифицировать генотипы с разным уровнем адаптивности, раскрыть комплекс экологических факторов влияния на продуктивность сортов, а также оценить генотип-средовое взаимодействие [7, 29].

Пластичность сорта (коэффициент линейной регрессии – b_i), согласно методике S.A. Eberhart, W.A. Russell [21], отражает реакцию (отзывчивость) генотипа на изменение условий выращивания. Нами не выявлено существенных различий по величине коэффициента регрессии у сортов двух групп спелости. В каждой из этих групп выделились три типа генотипов с разной реакцией на комплекс условий среды, что необходимо учитывать при их использовании в производстве. Сильная отзывчивость на изменение условий ($b_i > 1$) отмечена у сортов Тюменская 25 (среднеранний, $b_i = 1,25$) и КВС Аквилон (среднеспелый, $b_i = 1,21$). Данные сорта относятся к интенсивному типу, формирующему высокий уровень урожайности при благоприятных условиях и в условиях высокого агрофона. Однако в неблагоприятные по погодным условиям годы, а также на низком агрофоне у них резко снижается уровень продуктивности, что видно по величине размаха между минимальной и максимальной урожайностью в годы с контрастными условиями по величине индекса (см. табл. 1).

Сорта с коэффициентом регрессии меньше единицы ($b_i < 1$) слабо реагируют на изменение условий. Их лучше использовать на экстенсивном фоне, где при минимуме затрат на технологию возделывания можно получить наибольшую отдачу. В данную группу нами отнесен среднеранний сорт Новосибирская 15 ($b_i = 0,76$).

Большинство изученных сортов с коэффициентом регрессии, равным и близким единице, характеризовались как пластичные. Они хорошо адаптированы к различным средам. По результатам исследования такими сортами в среднеранней группе являлись Новосибирская 31 ($b_i = 0,91$) и Екатерина ($b_i = 1,01$), а в среднеспелой – все сорта, за исключением интенсивного сорта КВС Аквилон. У

данной группы сортов изменение урожайности полностью соответствует изменению условий выращивания.

Стабильность урожайности, исходя из величины индекса, сравнительно низкая у всех сортов. Это напрямую связано со значительными показателями ее вариабельности и размаха между минимальной и максимальной величиной, указанными нами выше. Наибольшей стабильностью в среднеранней группе характеризовался сорт Екатерина ($Ist = 1,91$), а в среднеспелой – Икар ($Ist = 1,93$).

Формирование сортом высокого уровня урожайности в разнообразных условиях среды характеризует показатель общей адаптивной способности (ОАС) [26]. Нами выявлена значительная вариабельность данного показателя в пределах отдельных групп сортов и низкое его значение у большинства из них. Наибольшая общая адаптивная способность отмечена у сорта Тюменская 25 (среднеранний, ОАС = 4,1) и КВС Аквилон (среднеспелый, ОАС = 2,2) (см. табл. 2). У данных сортов средняя урожайность за 2019–2021 гг. была выше, чем средняя урожайность по опыту, т. е. всех сортов за те же годы. Следует отметить, что наибольшую ценность представляют те сорта, у которых высокая общая адаптивная способность сочетается с незначительной вариабельностью урожайности. Такому критерию в наибольшей степени соответствует сорт Тюменская 25. Сравнение показателя общей адаптивной способности с различными параметрами урожайности и адаптивности показало, что ее повышение в первую очередь связано с высоким уровнем урожайности в различных средах, высокой средней урожайностью, а также их сильной отзывчивостью на изменение условий.

Оценка адаптивного потенциала сортов одним-двумя методами не позволяет дать им объективную и всестороннюю характеристику. Использование нескольких методов при такой оценке значительно повышает ее достоверность. При этом необходимо использовать метод ранжирования сортов по величине основных параметров урожайности и адаптивности [30]. Минимальная сумма рангов по тому или иному сорту характеризует его как лучший по урожайности и адаптивности в данных условиях его оценки.

На основе результатов наших исследований, опираясь на показатели ранжирования, лучшими среднеранними сортами по паровому предшественнику в среднем за 2019–2021 гг. в условиях северной лесостепной зоны

Тюменской области признаны Тюменская 25 и Екатерина (сумма рангов 17), а среднеспелым – КВС Аквилон (сумма рангов 17) (табл. 3).

Таблица 3

Ранги сортов яровой пшеницы по урожайности и параметрам адаптивности, 2019–2021 гг.
(III зона, северная лесостепь)
Ranks of spring wheat varieties by yield and adaptability parameters, 2019–2021
(Zone III, northern forest-steppe)

Сорт	Год допуска к использованию	min (Y_2), ц/га	max (Y_1), ц/га	Средняя урожайность ($\bar{y}$)	Стрессоустойчивость ($Y_2 - Y_1$)	Изменчивость урожайности (v , %)	Пластичность (коэффициент регрессии, b_1)	Индекс стабильности (Ist)	Общая адаптивная способность (ОАС)	Сумма рангов
<i>Среднеранние сорта</i>										
Новосибирская 15	2003	4	4	4	1	1	4	2	4	24
Новосибирская 31	2012	3	3	3	2	2	3	3	3	22
Тюменская 25	2012	1	1	1	4	4	1	4	1	17
Екатерина	2015	2	2	2	3	3	2	1	2	17
<i>Среднеспелые сорта</i>										
Икар	2001	2	3	3	1	1	4	1	3	18
Тюменская 29	2013	4	4	4	2	3	3	3	4	27
Гренада	2020	3	2	2	3	2	2	2	2	18
КВС Аквилон	2020	1	1	1	4	4	1	4	1	17

Основной вклад в формирование суммы рангов сортов Тюменская 25 и КВС Аквилон вносят показатели высокого уровня урожайности, отзывчивости на изменение условий и общей адаптивной способности, а у сорта Екатерина – показатели урожайности, отзывчивости на изменение условий, высокой стабильности и общей адаптивной способности.

ВЫВОДЫ

1. Условия испытания сортов яровой пшеницы по паровому предшественнику в 2019–2021 гг. в северной лесостепной зоне Тюменской области характеризовались значительной контрастностью, что отразилось на величине и вариабельности их урожайности.

2. Наибольшей средней урожайностью в группе среднеранних характеризовался сорт Тюменская 25 (47,7 ц/га), а в группе среднеспелых – КВС Аквилон (47,8 ц/га).

3. У большинства сортов выявлена низкая стрессоустойчивость. Лучшими по данному показателю были сорта Новосибирская 15 (среднеранний) и Икар (среднеспелый).

4. Изменчивость урожайности значительная у всех сортов, от 21,0% (Новосибирская 15) до 28,7% (КВС Аквилон).

5. Исходя из величины коэффициента регрессии, сильная отзывчивость на изменение условий выявлена у среднераннего сорта Тюменская 25 ($b_1 = 1,25$) и среднеспелого КВС Аквилон ($b_1 = 1,21$), что позволило отнести их к интенсивным. Большинство сортов с коэффициентом регрессии, равным или близким единице, характеризовались как пластичные, что позволило отнести их к полунтенсивным.

6. Индекс стабильности урожайности сравнительно низкий у всех сортов. Наибольшее его значение отмечено у среднераннего сорта Екатерина (Ist = 1,91) и среднеспелого Икар (Ist = 1,93).

7. По общей адаптивной способности лучшими был среднеранний сорт Тюменская 25 (ОАС = 4,1) и среднеспелый КВС Аквилон (ОАС = 2,2).

8. На основе ранжирования сортов по величине параметров урожайности и адаптивности лучшими в условиях северной лесостепной зоны Тюменской области по паровому предшественнику в среднем за 2019–2021 гг. в группе среднеранних признаны сорта Тюменская 25 и Екатерина (сумма рангов 17), а в группе среднеспелых – сорт КВС Аквилон (сумма рангов 17).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Фенотипическая* изменчивость селекционных линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по элементам структуры урожая в экологических условиях Западной Сибири и Татарстана / А.И. Стасюк, И.Н. Леонова, М.Л. Пономарева, Н.З. Василова, В.П. Шаманин, Е.А. Силина // *Сельскохозяйственная биология*. – 2021. – № 56(1). – С. 78–91.
2. *Влияние* приемов возделывания на продуктивность перспективного сорта озимой твердой пшеницы «Крупинка» в Дагестане / Н.Р. Магомедов, Н.Н. Магомедов, Ж.Н. Абдуллаев, М.М. Гаджиев // *Зерновое хозяйство России*. – 2020. – № 4(70). – С. 3–5.
3. *Алабушев А.В., Гуреева А.В.* Семеноводство зерновых культур в России // *Земледелие*. – 2011. – № 6. – С. 6–7.
4. *Жученко А.А.* Адаптивный потенциал культурных растений: эколого-генетические основы. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 766 с.
5. *Рыбась И.А.* Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*. – 2016. – № 51(5). – С. 617–626.
6. *Karsai I., Meszaros K., Lang L.* Multivariate analysis of traits determining adaptation incultivated barley // *Plant breeding*. – 2001. – № 120 (3). – P. 217–222.
7. *Гончаренко А.А.* Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // *Зерновое хозяйство России*. – 2016. – № 2(44). – С. 31–36.
8. *Жученко А.А.* Эколого-генетические основы адаптивной селекции // *Сельскохозяйственная биология*. – 2000. – № 3. – С. 3–29.
9. *Герасименко В.Ф.* Предварительная оценка селекционного материала по параметрам экологической пластичности // *Сельскохозяйственная биология*. – 1981. – № 6. – С. 938–941.
10. *Сапега В.А.* Оценка параметров среды в пунктах сортоиспытания и адаптивной способности сортов яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья // *Сельскохозяйственная биология*. – 2008. – № 1. – С. 55–59.
11. *Никитина В.И., Количенко А.А.* Оценка экологической стабильности сортов яровой мягкой пшеницы на сортоучастках Красноярского края // *Вестник КрасГАУ*. – 2019. – № 3. – С. 58–64.
12. *Гончаренко А.А.* Экологическая устойчивость сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2019. – № 3. – С. 3–9.
13. *Эффективность* статистических методов оценки адаптивности генотипов яровой мягкой пшеницы вдоль экологического вектора / В.В. Сюков, В.Г. Захаров, П.Н. Мальчиков, В.Г. Кривобочек, В.И. Никонов, Н.З. Василова, В.А. Ганеев, Н.В. Гулаева, А.И. Менибаев // *Аграрный научный журнал*. – 2019. – № 2. – С. 4–12.
14. *Гудзенко В.Н.* Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2019. – Т. 23, №1. – С. 110–118.
15. *Реализация* биологической урожайности ячменя ярового в условиях южной лесостепи Омской области П.Н. Николаев, О.А. Юсова, И.В. Сафонова, Н.И. Аниськов // *Аграрный вестник Урала*. – 2020. – № 12 (203). – С. 22–34.
16. *Stability of some quality traits in bread wheat (Triticum aestivum) genotypes* / Z. Mut, N. Aydin, H.O. Bayramoglu, H. Ozcan // *Journal of Environmental Biology*. – 2010. – № 31. – P. 489–495.
17. *Variation in streptomycin-induced bleaching and dark induced senescence of rice (Oryza sativa) genotypes and their relationship with yield and adaptability* / S. Das, R.S. Misra, S.K. Sinha, M.C. Pattanaik // *Plant. Breed.Crop. Sci.* – 2010. – № 2 (6). – P. 139–147.
18. *Raja S., Bagle B.G., More T.A.* Drumstick (*Moringa oleifera* Lamk.) improvement for semi-arid and arid ecosystem: analysis of environmental stability for yield // *Plant Breed. Crop Sci.* – 2013. – № 5 (8). – P. 164–170.
19. *Методика* оценки экологической пластичности сортов зерновых культур И.Г. Гребенникова, А.Ф. Чешкова, П.И. Стёпочкин, А.Ф. Алейников, Д.И. Чанышев // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2020. – № 50(2). – С. 100–107.

20. Выдрин В.В., Федорук Т.К. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2021 год. – Тюмень: Тюмен. изд. дом, 2021. – 95 с.
21. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. Sci. – 1966. – № 6(1). – P. 36–40.
22. Rossielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop. Sci. – 1981. – № 21(6). – P. 27–29.
23. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
24. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, 2011. – 352 с.
25. Немтевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1985. – № 1. – С. 66–73.
26. Кильчевский А.В., Хотылёва Л.В. Экологическая селекция растений. – Минск: Тэхнолѳгія, 1997. – 372 с.
27. Немтевич Э.Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в центральном регионе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства // Доклады РАСХН. – 2001. – № 3. – С. 3–6.
28. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). – М.: Изд-во РУДН, 2001. – Т. 1. – 780 с.
29. Geiger H.H. Breeding methods in diploid rye (*Secale cereale* L.) // Tag.-Ber. Akad. Landwirtschaft. – Wiss. DDR, Berlin, 1982. – Vol. 198. – P. 305–332.
30. Оценка адаптивных свойств сортов ярового ячменя в степных условиях Сибирского Прииртышья П.Н. Николаев, Н.И. Анисков, О.А. Юсова, И.В. Сафонова, П.В. Поползухин // Вестник НГАУ. – 2018. – № 2(47). – С. 37–44.

REFERENCES

1. Stasyuk A.I., Leonova I.N., Ponomareva M.L., Vasilova N.Z., SHamanin V.P., Silina E.A., *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya*, 2021, No. 56(1), pp. 78–91. (In Russ.)
2. Magomedov N.R., Magomedov N.N., Abdullaev ZH.N., Gadzhiev M.M., *Zernovoe khozyajstvo Rossii*, 2020, No. 4(70), pp. 3–5. (In Russ.)
3. Alabushev A.V., Gureeva A.V., *Zemledelie*, 2011, No. 6, pp. 6–7. (In Russ.)
4. Zhuchenko A.A., *Adaptivnyj potentsial kul'turnykh rastenij: ehkologo-geneticheskie osnovy* (Adaptive potential of cultivated plants: ecological and genetic foundations), Kishinev: Shtiinets, 1988, 766 p.
5. Rybas' I.A., *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya*, 2016, No. 51(5), pp. 617–626. (In Russ.)
6. Karsai I., Meszaros K., Lang L., *Plant breeding*, 2001, No. 120 (3), pp. 217–222.
7. Goncharenko A.A., *Zernovoe khozyajstvo Rossii*, 2016, No. 2(44), pp. 31–36. (In Russ.)
8. Zhuchenko A.A., *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya*, 2000, No. 3, pp. 3–29. (In Russ.)
9. Gerasimenko V.F., *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya*, 1981, No. 6, pp. 938–941. (In Russ.)
10. Sapega V.A., *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya*, 2008, No. 1, pp. 55–59. (In Russ.)
11. Nikitina V.I., Kolichenko A.A., *Vestnik KrasGAU*, 2019, No. 3, pp. 58–64. (In Russ.)
12. Goncharenko A.A., *Rossiyskaya sel'skohozyajstvennaya nauka*, 2019, No. 3, pp. 3–9. (In Russ.)
13. Syukov V.V., Zaharov V.G., Mal'chikov P.N., Krivobochech V.G., Nikonov V.I., Vasilova N.Z., Ganeev V.A., Gulaeva N.V., Menibaev A.I., *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2019, No. 2, pp. 4–12. (In Russ.)
14. Gudzenko V.N., *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2019, No. 23(1), pp. 110–118. (In Russ.)
15. Nikolaev P.N., YUsova O.A., Safonova I.V., Anis'kov N.I., *Agrarnyj vestnik Urala*, 2020, No. 12 (203), pp. 22–34. (In Russ.)
16. Mut Z., Aydin N., Bayramoglu H.O., Ozcan H., Stability of some quality traits in bread wheat (*Triticum aestivum*) genotypes, *Journal of Environmental Biology*, 2010, No. 31, pp. 489–495.

17. Das S., Misra R.S., Sinha S.K., Pattanaik M.C., Variation in streptomycin-induced bleaching and dark induced senescence of rice (*Oryza sativa*) genotypes and their relationship with yield and adaptability, *Plant. Breed. Crop. Sci.*, 2010, No. 2 (6), pp. 139–147.
18. Raja S., Bagle B.G., More T.A., Drumstick (*Moringa oleifera* Lamk.) improvement for semiarid and arid ecosystem: analysis of environmental stability for yield, *Plant Breed. Crop Sci.*, 2013, No. 5 (8), pp. 164–170.
19. Grebennikova I.G., CHeshkova A.F., Styopochkin P.I., Alejnikov A.F., CHanyshhev D.I., *Sibirskij vestnik sel'skhoz'jajstvennoj nauki*, 2020, No. 50(2), pp. 100–107. (In Russ.)
20. Vydrin V.V., Fedoruk T.K., *Sortovoe rajonirovanie sel'skokhozyajstvennykh kul'tur i rezul'taty sortoispytaniya po Tyumenskoj oblasti za 2021 god* (Varietal zoning of crops and results of variety testing in the Tyumen region for 2021), Tyumen: Tyumen Publishing House, 2021, 95 p.
21. Eberhart S.A., Russell W.A., Stability parameters for comparing varieties, *Crop. Sci.*, 1966, No. 6(1), pp. 36–40.
22. Rossielle A.A., Hamblin J., Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments, *Crop. Sci.*, 1981, No. 21(6), pp. 27–29.
23. Goncharenko A.A., *Vestnik RASKHN*, 2005, No. 6, pp. 49–53. (In Russ.)
24. Dospekhov B.A., *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij)* (Field experience methodology (with the basics of statistical processing of study results), Moscow: Alliance, 2011, 352 p.
25. Nettevich E.H.D., Morgunov A.I., Maksimenko M.I., *Vestnik sel'skokhozyajstvennoj nauki*, 1985, No. 1, pp. 66–73. (In Russ.)
26. Kil'chevskij A.V., KHotylyova L.V., *Ekologicheskaya selektsiya rastenij* (Ecological plant breeding), Minsk: Technology, 1997, 372 p.
27. Nettevich E.D., *Doklady RASKHN*, 2001, No. 3, pp. 3–6. (In Russ.)
28. ZHuchenko A.A., *Adaptivnaya sistema selekcii rastenij (ekologo-geneticheskie osnovy)* (Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic basis)), Moscow: Izd-vo RUDN, 2001, T. 1, 780 p. (In Russ.)
29. Geiger H.H., Breeding methods in diploid rye (*Secale cereale* L.), *Tag.-Ber.Akad.Landwirtsch.-Wiss.DDR*, Berlin, 1982, 198, pp. 305–332.
30. Nikolaev P.N., Anis'kov N.I., YUsova O.A., Safonova I.V., Popolzukhin P.V., *Vestnik NGAU*, 2018, No. 2(47), pp. 37–44. (In Russ.)

ПРОИЗВОДСТВО БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОДУКТА НА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

В. Б. Цугкиева, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Л.Б. Дзантиева, кандидат биологических наук, доцент

Л.Х. Тохтиева, кандидат биологических наук, доцент

Дз.Н. Доев, кандидат биологических наук, доцент

И.А. Шабанова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Б.А. Датиева, старший преподаватель

Горский государственный аграрный университет, Владикавказ, Россия

E-mail: tehnologmen@yandex.ru

Ключевые слова: топинамбур, сорт Интерес, культивирование, питательная среда, культуральная жидкость, биомасса, дрожжи, ферментер, микроорганизмы.

Реферат. Одним из экономически выгодных путей решения проблемы дефицита белка в пище и кормах является производство дрожжей, которые выращиваются на питательных средах различного происхождения и состава. Перспективными в этом плане являются многолетние нетрадиционные растения. Одной из технических культур, широко используемых в биотехнологии, сельском хозяйстве, медицине, пищевой промышленности и т.д., является топинамбур (*Helianthus tuberosus*), в том числе и сорт Интерес. Нами был определен химический состав клубней топинамбура в воздушно-сухом состоянии. Анализ данных показал, что клубни топинамбура имеют богатый состав и являются подходящим сырьем для приготовления питательных сред. Питательную среду готовили путем термической обработки. Выращивание дрожжей проводили при температуре 37°C, pH среды 4,5. В качестве продуцента белка одноклеточных использовали штамм дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Основным компонентом питательной среды является топинамбур. В процессе выращивания изучена динамика изменения числа клеток и накопления их биомассы. Прирост биомассы дрожжей составил 21 г/л, а число КОЕ – 450 млн/мл. Активное усвоение сахаров дрожжами происходит с первого часа после начала культивирования и приостанавливается к девятому часу. Неполное усвоение сахаров связано с накоплением в среде продуктов метаболизма, что существенно сказывается на их активности. Полученные результаты исследований свидетельствуют о сбалансированности субстрата по компонентам питания, а также целесообразности ее использования для культивирования разных видов дрожжей.

PRODUCTION OF A BIOTECHNOLOGICAL PRODUCT ON A NUTRITIONAL MEDIUM FROM PLANT RAW MATERIALS

V.B. Tsugkieva, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

L.B. Dzantieva, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor

L.Kh. Tokhtieva, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor

Dz.N. Doev, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor,

I.A. Shabanova, Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor,

B.A. Datieva, Senior Lecturer

Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia

E-mail: tehnologmen@yandex.ru

Keywords: Jerusalem artichoke, variety Interest, cultivation, nutrient medium, culture liquid, biomass, yeast, fermenter, microorganisms.

Abstract. Yeast production is one of the cost-effective ways to solve the problem of protein deficiency in food and feed. They are grown on nutrient media of various origins and compositions. Perennial non-traditional plants are promising in this regard. One of the industrial crops widely used in biotechnology, agriculture, medicine, food industry, etc., is Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*), including the variety Interest. The authors determined the chemical composition of Jerusalem artichoke tubers in the air-dry state. Data analysis showed that Jerusalem artichoke tubers have a rich composition and are a suitable raw material for nutrient media preparation. The nutrient medium was prepared by heat treatment. Yeast cultivation was carried out at a temperature of 37°C, pH

4.5. The yeast strain *Saccharomyces cerevisiae* was used as a producer of unicellular protein. The main component of the nutrient medium is Jerusalem artichoke. During cultivation, the dynamics of changes in the number of cells and accumulation of their biomass were studied. The increase in yeast biomass was 21 g/l, and the number of CFU was 450 million/ml. Active assimilation of sugars by yeast occurs from the first hour after the start of cultivation and stops by the ninth hour. Incomplete assimilation of sugars is associated with the accumulation of metabolic products in the environment, which significantly affects their activity. The obtained research results indicate the balance of the substrate in terms of nutritional components, as well as the expediency of its use for the cultivation of different types of yeast.

Растущий белковый дефицит в питании человека и животных можно устранить производством дрожжевой биомассы. Целесообразно при составлении дрожжевых заквасок использовать разные виды и штаммы дрожжей, так как они дополняют друг друга и при этом повышается выход дрожжевой биомассы, например, включать дрожжи рода *Candida*: *C. utilis*, *C. tropicalis*, а также *Trichosporon cutaneum* и *Cryptococcus diffluens*. Для производства дрожжевой биомассы можно применять дешевое растительное сырье, например, топинамбур [1].

Для повышения сбалансированности кормов в животноводстве применяют кормовые дрожжи, значительно превосходящие растительные корма по составу незаменимых аминокислот, витаминов и микроэлементов. Из каждой 1000 т дрожжей можно получить 450–500 т переваримого белка, содержащего свыше 220 т незаменимых аминокислот: лизина – 90, метионина – 7,5, цистеина – 9, триптофана – 12,5, витаминов группы В и D – 9 т [2, 3].

Высокопродуктивными штаммами дрожжей при выращивании на гидролизатах и гидролизоспиртовой барде являются *C. scottii* (штаммы Кр-9, Кр-9в, Астр-1, Тул-1, Кс-2), *C. tropicalis* (штаммы Л-2, Сясь-1, Кэ-14, Ахм-1, Кн-1, Гб-1, Сд-5, К-41), *C. utilis* (штаммы Св-1, Тал-1) и некоторые другие [4].

Микроорганизмы имеют еще одно ценное преимущество – способность быстро наращивать белковую массу. По мнению А.А. Андреева, Л.Н. Брызгалова [5], дрожжи представляют собой высококачественную белковую кормовую добавку. В 1 кг сухого вещества биомассы содержится витаминов (мг): тиамин (B_1) – 15–18, пиридоксин (B_6) – 19–30, рибофлавин (B_2) – 54–68, биотин (B_7) – 1,6–3,0, пантотеновой кислоты (B_3) – 130–160, инозита (B_8) – 500, холина (B_4) – 2600, фолиевой кислоты (B_9) – 3,4, никотиновой кислоты (РР) – 500–600, кобаламина (B_{12}) – 0,08.

Зола кормовых дрожжей содержит ценные для животных макро- и микроэлементы, достаточно переваримого (истинного) протеина – 380–480 г.

И.Е. Парамонова и др. [6] утверждают, что сахарное сорго представляет собой альтернативу для микробиологического производства как дешевый, высокоэнергетический, богатый углеродом субстрат. В.И. Родригес и др. [7] изучены закономерности глубинного культивирования дрожжей на негидролизованном растительном сырье и установлено, что дрожжи *Pichia anomala* характеризуются стабильностью роста на негидролизированных сырьевых материалах.

Т.Е. Банничиной и др. [8] проведен обзор использования дрожжевых культур в биотехнологических процессах: пищевой промышленности, фармацевтике, кондитерском и хлебопекарном производстве, животноводстве. Ю.Р. Малашенко и др. [9] отмечают возможность применения метанола в качестве субстрата для производства белка одноклеточных, а также полисахаридов, аминокислот и витаминов.

В условиях Северного Кавказа, как главного кукурузосеющего региона России, для получения дрожжевых кормов целесообразно использовать отходы кукурузо-крахмального производства [10].

К.И. Джанаев [11] обосновал целесообразность переработки топинамбура с целью получения микробного белка. Известно, что биологически ценным источником в приготовлении субстратов для дрожжей является зеленая масса многолетних высокоурожайных культур [12, 13].

Проведено также исследование эффективности использования высушенной и натуральной зеленой массы силфики пронзенно-листной, корнеклубней яконо, зеленой массы горца сахалинского в качестве компонента питательной среды для культивирования дрожжей [14–19].

Определена эффективность биомассы дрожжей *Pichia kudriavzevii* и *Metschnikovia pulcherrima* в кормлении цыплят-бройлеров кросса КОББ 500 [20].

Таким образом, исходя из вышеизложенного, целесообразно изучение производства дрожжей на растительной среде.

Цель исследований – изучение возможности культивирования дрожжей на питательной среде из корнеклубней топинамбура сорта Интерес. В связи с этим в задачи исследований входило:

- определение химического состав клубней топинамбура;
- приготовление субстрата на основе клубней топинамбура;
- изучение динамики накопления клеток дрожжей в питательной среде из корнеклубней топинамбура.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для исследований явились клубни топинамбура сорта Интерес, выращенные в коллекционном питомнике Горского ГАУ и готовые кормовые дрожжи.

Исследования проводились по общепринятым методикам [21] на базе НИИ биотехнологии Горского ГАУ. Проведены работы по определению химического состава клубней топинамбура, содержанию в них редуцирующих сахаров, дана физико-химическая и органолептическая оценка качества кормовых дрожжей. Количественный учет микроорганизмов проводили под микроскопом, биомассу определяли взвешиванием.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для исследований использовали культуру *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ У-3414 [22] и субстрат из корнеклубней топинамбура сорта Интерес.

Корнеклубни топинамбура измельчали на мясорубке и помещали в стеклянные баллоны. Содержимое баллонов стерилизовали автоклавированием в течение 60 мин при 1 атм.

Питательную среду готовили путем термической обработки. С этой целью содержимое баллонов разбавляли водой в соотношении 1 : 1 и нагревали с выдерживанием температурных пауз : 1) при 37°C; 2) при 43°C; 3) при 53°C; 4) при 63°C; 5) при 70°C. Питательную среду фильтровали, сливали в баллоны и подвергали стерилизации. Выращивание дрожжей проводили в ферментере, который заполняли питательной средой на 2/3 объема. В качестве источника азота использовали карбамид из расчета 0,2%.

Параметры культивирования: температура 37°C, перемешивание, pH 4,5–5,0, аэрирование из расчета 4–5 л на 1 л среды в час.

Готовую дрожжевую суспензию сливали в стерильные баллоны. Отделение дрожжей от субстрата осуществляли методом центрифугирования.

Предварительно был определен химический состав клубней топинамбура в воздушно-сухом состоянии (табл. 1). Анализ данных показал, что клубни топинамбура имеют богатый состав и являются подходящим сырьем для приготовления питательных сред.

Таблица 1

Содержание питательных веществ в клубнях топинамбура сорта Интерес, %
The content of nutrients in the tubers of Jerusalem artichoke varieties Interest, %

Показатели	Состояние	
	натуральное	воздушно-сухое
Сухое вещество	23,80±2,12	
БЭВ	20,03±2,05	84,65±1,09
Сырой» протеин	2,29±0,20	6,47±0,40
Сырой» жир	1,30±0,07	1,28±0,10
Сырая» клетчатка	1,06±0,07	4,59±0,73
Сырая» зола	0,92±0,05	4,01±0,59
Кальций	0,09±0,00	0,41±0,04
Фосфор	0,050±0,004	0,230±0,200

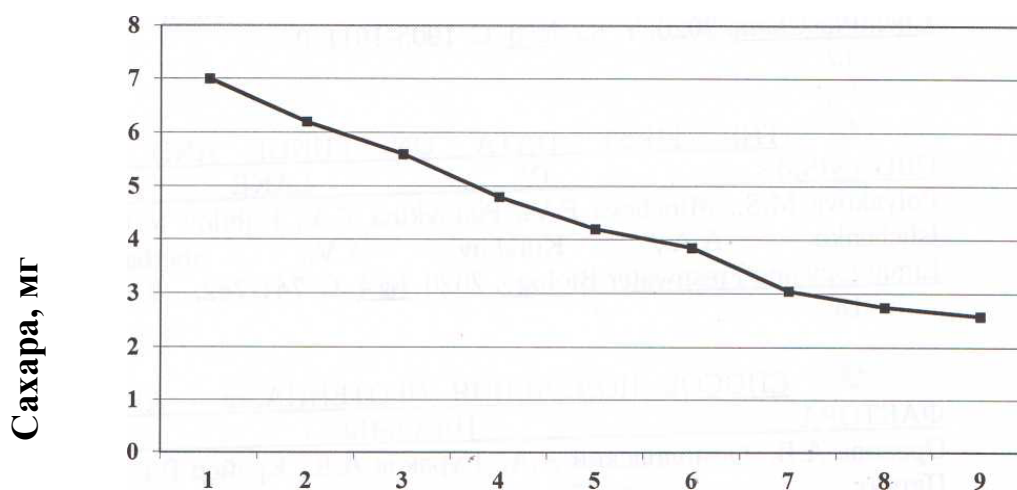
Таблица 2

Содержание редуцирующих сахаров в клубнях топинамбура сорта Интерес и в готовой питательной среде
The content of reducing sugars in Jerusalem artichoke tubers of the variety Interest and the prepared nutrient medium

Номер пробы	Концентрация сахаров, мг/мл	
	клубни топинамбура	готовая питательная среда
1	10,6	6,2
2	12,7	7,4
3	12,0	7,0
4	11,3	6,6
5	13,4	7,8
M± m	12,0 ± 0,49	7,0 ± 0,28

Из данных табл. 2 видно, что смешивание измельченных клубней топинамбура с водой в соотношении 1 : 1 приводит к уменьшению содержания сахаров примерно наполовину.

Динамика изменения редуцирующих сахаров при культивировании дрожжей представлена на рисунке.



Динамика изменения редуцирующих сахаров при культивировании дрожжей
Dynamics of changes in reducing sugars during yeast cultivation

Активное усвоение сахаров дрожжами начинается с первого часа после начала культивирования и приостанавливается к девятому часу. Неполное усвоение сахаров связано с накоплением в среде продуктов метаболизма,

что существенно сказывается на их активности.

В процессе культивирования изучена динамика изменения дрожжевых клеток и накопления их биомассы (табл. 3).

Таблица 3

Концентрация дрожжевых клеток в процессе культивирования
The concentration of yeast cells during cultivation

Час культивирования	Концентрация клеток в среде, млн/мл			
	Генерация			M± m
	1	2	3	
1	2	3	4	5
1	20	35	20	25,0 ± 4,7
2	25	50	25	33,0 ± 7,9

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
3	65	70	45	60,0 ± 1,6
4	145	125	90	120,0 ± 6,3
5	235	190	215	213,0 ± 14,2
6	340	235	345	307,0 ± 33,2
7	405	345	430	393,0 ± 19,0
8	435	395	455	428,0 ± 12,6
9	450	430	470	450,0 ± 6,3

Данные табл. 3 свидетельствуют о положительной динамике во всех трех генерациях. С третьего по восьмой час культивирования отмечается фаза наибольшей активности (логарифмическая), после восьмого часа наступает некоторое замедление в росте (стационарная фаза).

В среднем накопление биомассы составило в среднем 21 г/л. Готовый продукт представляет собой суспензию светло-коричневого цвета с характерным дрожжевым запахом. Полученные показатели сопоставимы с литературными данными [1].

На основании результатов исследований установлена эффективность использования субстрата из корнеклубней топинамбура для культивирования дрожжей.

Накопление биомассы дрожжей в культуральной жидкости характеризуется следующими данными:

1	21
2	19
3	23
M ± m	21, 00 ± 0,63

ВЫВОДЫ

1. Клубни топинамбура сорта Интерес, выращенные в условиях РСО-Алания, имеют богатый химический состав.

2. Топинамбур является перспективным и эффективным сырьем для производства микробного белка дрожжами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нейман Б.Я. Индустрия микробов. – М.: Знание, 1983. – 208 с.
2. Винниченко А.Н., Дворецкий А.И. Биопрепараты в животноводстве и растениеводстве. – Днепропетровск: Проминь, 1989. – С. 124–125.
3. Bergkvist R., Yare N. // Moder. Kemi. – 1969. – Vol. 11. – P. 44.
4. Босенко А.М., Петроченко Л.В. Культивирование дрожжей *Candida scotii* на древесных гидролизатах, разбавленных отработанной культуральной жидкостью // Гидролизная и лесохимическая промышленность. – 1977. – №1. – С. 5–6.
5. Андреев А.А., Брызгалова Л.И. Производство кормовых дрожжей. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 248 с.
6. Культивирование дрожжей–продуцентов кормового белка на соке сахарного сорго / И.Е. Парамонова, Н.Л. Кравченко, Б.С. Балпанов, О.А. Тен // Биотехнология, теория и практика. – 2013. – № 1. – С. 52–56.
7. Родригес В.И., Лаптева Е.А., Борисенко Е.Г. Некоторые закономерности глубинного культивирования дрожжей на негидролизованном растительном сырье // Пищевая промышленность. – 2019. – №5. – С. 49–51.
8. Дрожжи в современной биотехнологии / Т.Е. Банницына, А.В. Канарский, А.В. Щербаков, В.К. Чеботарь, Е.И. Кипрушкина // Вестник Международной академии холода. – 2016. – №1. – С. 24–29.
9. Малащенко Ю.Р., Соколов И.Г., Романовская В.А. Микробный метаболизм не ростовых субстратов. – Киев: Наукова думка, 1987. – 189 с.
10. Тменов И.Д., Цугкиев Б.Г. Использование продуктов микробиологического синтеза в животноводстве: учеб. пособие. – Владикавказ: Эра, 1996. – 122 с.

11. Джанаев К.И. Биоконверсия зеленой массы и клубней топинамбура сорта Скороспелка разными видами дрожжей с целью получения кормового белка: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владикавказ, 2012. – 28 с.
12. Медведев В.В. Топинамбур пищевого назначения // Топинамбур и топинсолнечник – проблемы возделывания и использования: тез. докл. III Всесоюз. науч.-произв. конф., 7–11 окт. – Одесса: Маяк, 1991. – С. 17.
13. Effect of feeding Yeast obtained from Sakhalin Buckwheat on the growth of broiler chickens / V.B. Tsugkueva, B.G. Tsugkiev, L.B. Dzantieva, A.T. Kokoeva, L.Kh. Tokhtieva, I.A. Shabanova, E.A. Tokhtieva // Jomal of Livestock Science. – Vol. 12. – P. 71–75. Received on 2/9/20. Accepted on 22/12/2020. Published on 15/1/2021 DOI: 10.33259 / JlivestSci. 2021. P. 71-75.
14. Технология выращивания дрожжей на питательных средах из зеленой массы силфики пронзеннолистной / Б.Г. Цугкиев, В.Б. Цугкиева, А.М. Хозиев, Л.Б. Дзантиева, И.Э. Солдатова // Биотехнология. – 2021. – Т. 37, № 4. – С. 60–64.
15. Цугкиева В.Б., Дзантиева Л.Б., Цугкиев И.Б. Качество кормовых дрожжей в зависимости от технологии производства и вида исходного сырья // Новые направления в решении проблем АПК на основе современных ресурсосберегающих, инновационных технологий: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию победы в Великой Отечественной войне. 26–28 янв. – Волгоград, 2010. – Т. 2. – С. 164–166.
16. Использование якона в качестве компонента питательной среды для культивирования дрожжей / В.Б. Цугкиева [и др.] // Пищевая промышленность. – 2021. – № 9. – С. 58–60.
17. Цугкиев Б.Г., Каркусова Н.Н., Хозиев А.М. Получение микробного белка на основе питательной среды из зеленой массы горца сахалинского // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51, № 1. – С. 255–259.
18. Пат. № 2370531 Российская Федерация, МПК C12N 1/16. Штамм дрожжей *Metschnikowia pulcherrima* – продуцент кормового белка / Цугкиев Б.Г., Кабулова М.Ю., Цугкиева И.Б., Гекиев З.А.; заявитель и патентообладатель: Горский государственный аграрный университет. – № 2008124697/13, заявл. 16.06.2008; опубл. 20.10.2009. Бюл. № 29.
19. Патент № 2449012 C2 Российская Федерация, МПК C12N 1/20, C12R 1/225, A23C 9/12. Штамм *Saccharomyces unisporus* ВКПМ у-3416, используемый для приготовления кисломолочных напитков: № 2010119744/10; заявл. 17.05.2010; опубл. 27.04.2012 / Цугкиев Б.Г., Козырева И.И., Рамонова Э.В., Хаев Д.Л.; заявитель: Горский государственный аграрный университет.
20. Реализация биоресурсного потенциала цыплят бройлеров кросса «КОББ500» с использованием биомассы дрожжей селекции Горского ГАУ / А.М. Хозиев [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 57 (ч. 2). – С. 139–145.
21. Бабьева И.П., Голубев В.И. Методы выделения и идентификации дрожжей: справ. пособие. – М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 120 с.
22. Патент № 2445359 C2 Российская Федерация, МПК C12N 1/6, C12R 1/865. Штамм *Saccharomyces cerevisiae* ВКПМ У-3414, используемый в производстве кисломолочных продуктов смешанного брожения и слабоалкогольных напитков из молочной сыворотки, обладающих профилактическими свойствами: № 2010119753/10А; заявл. 2010-05-17; опубл. 20.03.2012 / Цугкиев Б.Г., Рамонова Э.В., Гудиев Р.В.; заявитель Горский государственный аграрный университет.

REFERENCES

1. Neiman B. Ya., *Industrija mikrobov* (The microbial industry), Moscow: Knowledge: 1983. p. 208.
2. Vinnichenko A.N., Dvoretzky A.I., *Biopreparaty v zhivotnovodstve i rastenievodstve* (Biological products in livestock and crop production), Dnepropetrovsk: Promin, 1989. p. 124–125.
3. Bergkvist R., Yare N., *Moder. Kemi*, 1969, Vol. 11, pp. 44.
4. Bosenko A.M., Petrochenko L.V., *Gidroliznaja i lesohimicheskaja promyshlennost'*, 1977, No. 1, pp. 5–6. (In Russ.)

5. Andreev A.A., Bryzgalova L.I., *Proizvodstvo kormovyh drozhzhej* (Feed yeast production), Moscow: Forest industry, 1986, 248 p.
6. Paramonova I.E., Kravchenko N.A., Balpanov B.S., Ten O.A., Paramonova I.E., *Biotehnologija, teorija i praktika*, 2013, No. 1, pp. 52–56. (In Russ.)
7. Rodriguez V.I., Lapteva E.A., Borisenko E.G., *Pishhevaja promyshlennost'*, 2019, No. 5, pp. 49–51. (In Russ.)
8. Bannitsyna T.E., Kanarsky A.V., Shcherbakov A.V., Chebotar V.K., Kiprushkina E.I., *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda*, 2016, No. 1, pp. 24–29. (In Russ.)
9. Malashenko Yu.R., Sokolov I.G., Romanovskaya V.A., *Mikrobnij metabolizm ne rostovykh substratov* (Microbial metabolism of non-growth substrates), Kyiv: Naukova Dumka, 1987, 189 p.
10. Tmenov I.D., Tsugkiev B.G., *Ispol'zovanie produktov mikrobiologicheskogo sinteza v zhivotnovodstve* (The use of products of microbiological synthesis in animal husbandry), Vladikavkaz: Era, 1996, 122 p.
11. Dzhanayev K.I., *Biokonversija zelenoj massy i klubnej topinambura sorta Skorospelka raznymi vidami drozhzhej s cel'ju poluchenija kormovogo belka* (Bioconversion of green mass and tubers of Jerusalem artichoke variety Skorospelka with different types of yeast in order to obtain feed protein), Ph. D. dis. ... cand. biologist. Sciences, Vladikavkaz, 2012, 28 p.
12. Medvedev V.V., *Topinambur i topinsolnechnik – problemy vozdel'nyvanija i ispol'zovanija* (Jerusalem artichoke and Jerusalem artichoke - problems of cultivation and use), abstracts of the III All-Union Scientific and Production Conference, 1991, 7-11 October, Odessa: Lighthouse, 1991, pp. 17. (In Russ.)
13. Tsugkijeva V.B., Tsugkiev B.G., Dzantjeva L.B., Kokoeva A.T., Tokhtieva L.Kh., Shabanova I.A., Tokhtieva E.A., Effect of feeding Yeast obtained from Sakhalin Buckwheat on the growth of broiler chickens, *Jornal of Livestock Science*, Vol. 12, pp. 71-75.
14. Tsugkiev B.G., Tsugkijeva V.B., Khoziev A.M., Dzantjeva L.B., Soldatova I.E., *Biotehnologija*, 2021, No. 37 (4), pp. 60–64. (In Russ.).
15. Tsugkijeva V.B., Dzantjeva L.B., Tsugkijeva I.B., *Novye napravlenija v reshenii problem APK na osnove sovremennykh resursosberegajushchih, innovacionnykh tehnologij* (New directions in solving the problems of the agro-industrial complex based on modern resource-saving, innovative technologies), materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of victory in the Great Patriotic War. January 26-28, Volgograd, 2010, T. 2, pp. 164–166. (In Russ.)
16. Tsugkijeva V.B., Khoziev A.M., Tsugkiev B.G., Dzantjeva L.B., Khairbekov S.U., *Pishhevaja promyshlennost'*, 2021, No. 9, pp. 58–60. (In Russ.)
17. Tsugkiev B.G., Karkusova N.N., Khoziev A.M., *Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, No. 51 (1), pp. 255–259. (In Russ.)
18. Pat. 2370531, Russian Federation, Tsugkiev B.G., Kabulova M.Yu., Tsugkijeva I.B., Gekiev Z.A., dec. 16.06.2008; publ.20.10.2009. Bull. No. 29. (In Russ.)
19. Pat. 2449012, Russian Federation, Tsugkiev B.G., Kozyreva I.I., Ramonova E.V., Khaev D.L., dec. 17.05.2010; publ.27.04.2012. Bull. No. 12. (In Russ.)
20. Khoziev A.M., Tsugkiev B.G., Kozyrev S.G., Tsugkijeva V.B., Siukaev S.A., *Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 57 (2), pp. 139–145. (In Russ.)
21. Babyeva I.P., Golubev V.I., *Metody vydelenija i identifikacii drozhzhej* (The Methods of yeast isolation and identification), Moscow: Food Industry, 1979, 120 p.
22. Patent No. 2445359 C2, Russian Federation, Tsugkiev B.G., Ramonova E.V., Gudiev R.V., application 17.05.2010, publ. 20.03.2012. (In Russ.)

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI:10.31677/2072-6724-2022-64-3-83-92

УДК 619:578.5, 577.21:616.9

РОЛЬ МЕТИЛИРОВАНИЯ ПРОМОТОРОВ ГЕРПЕСВИРУСОВ В РЕАЛИЗАЦИИ ПАТОГЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ПРИМЕРЕ БОЛЕЗНИ МАРЕКА

^{1,2} В.Н. Афонюшкин, кандидат биологических наук¹ В.С. Городов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник^{1,2} А.С. Кильп, младший научный сотрудник, аспирант² Н.А. Сigareва, кандидат биологических наук, доцент¹ Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Новосибирской обл., Россия² Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: lisocim@mail.ru

Ключевые слова: вирус болезни Марека, метилирование, ДНК, промоторы, ПЦР, гены, CpG-островки, зооантропонозы.

Реферат. Вирус болезни Марека (ВБМ) имеет повсеместное распространение и может не только наносить вред домашней птице, но и обладать онкогенностью для человека. ВБМ и индуцируемые ими злокачественные опухоли являются удобной и доступной естественной моделью изучения канцерогенеза, ассоциированного с герпесвирусами. На сегодняшний день, по нашим наблюдениям, появились дополнительные риски заражения людей вирусом болезни Марека – болезнь начала появляться у цыплят-бройлеров 30 дней и старше, т.е. контакт с мясом птицы несет риск заражения. Помимо этого, заболевание COVID-19 может сопровождаться дефицитом фолиевой кислоты, т.е. нарушением фолатного цикла у людей, что повышает риск манифестации заболеваний, связанных с ДНК-вирусами, так как нарушение фолатного цикла способно снизить активность метилирования ДНК, в т.ч. вирусной ДНК. Метилирование осуществляется ферментативно в первые минуты после репликации ДНК, т.е. пострепликативно. Поскольку нуклеотидная последовательность ДНК при этом не меняется, метилирование по сути своей – событие эпигенетическое. Нами была изучена зависимость между метилированием промоторов вируса болезни Марека и копийностью вируса. Оценка наличия или отсутствия метилирования, так же как и частичного метилирования, осуществлялась на основе выявления разницы между пороговыми циклами dC(t). Наличие неметилированных сайтов, входящих в состав изучаемой промоторной последовательности, выявлялось на основе способности метилчувствительных рестриктаз AclI и GluI. Была обнаружена корреляционная зависимость между концентрацией геномной ДНК вируса болезни Марека 1-го серотипа штамма CVI988 в культуре клеток и наличием деметилированных CpG-островков в составе промоторов, локализующихся в положении 9413–9865 и 127943–128193 п.н. геномной ДНК вируса. Полученные данные позволяют объяснить механизм повышения патогенности герпесвирусных инфекций в условиях снижения активности метилирования вирусной ДНК в организме.

THE ROLE OF HERPES VIRUS PROMOTER METHYLATION IN THE REALIZATION OF PATHOGENIC POTENTIAL IN THE EXAMPLE OF MAREK'S DISEASE

^{1,2} V.N. Afonyushkin, Ph.D. in Biological Sciences¹ B.S. Gorodov, Ph.D. in Biological Sciences, Senior Researcher^{1,2} A.S. Kilp, Junior Researcher, Postgraduate Student² N.A. Sigareva, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor¹ Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies, Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk settlement, Novosibirsk region, Russia² Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: lisocim@mail.ru

Keywords: Marek's disease virus, methylation, DNA, promoters, PCR, genes, CpG islands, zooanthroponosis.

Abstract. Marek's disease virus is ubiquitous and can harm not only poultry, but also be oncogenic for humans. VBM and malignant tumors induced by them are a convenient and accessible natural model for studying herpesvirus-associated carcinogenesis. To date, according to our observations, there are additional risks of human infection with the Marek's disease virus - the disease began to appear in broiler chickens 30 days and older, i.e. contact with poultry meat carries a risk of infection. In addition, COVID-19 disease may be accompanied by folic acid deficiency, i.e. a violation of the folate cycle in humans, which increases the risk of manifestation of diseases associated with DNA viruses, since a violation of the folate cycle can reduce the activity of DNA methylation, incl. viral DNA. Methylation is carried out enzymatically in the first minutes after DNA replication, i.e. postreplicatively. Since the DNA nucleotide sequence does not change, methylation is essentially an epigenetic event. We have studied the relationship between the methylation of promoters of the Marek's disease virus and the copy number of the virus. The assessment of the presence or absence of methylation, as well as partial methylation, was carried out on the basis of identifying the difference between the threshold cycles $dC(t)$. The presence of unmethylated sites included in the studied promoter sequence was detected on the basis of the ability of methyl-sensitive restrictases *Acil* and *GlaI*. A correlation was found between the concentration of genomic DNA of the Marek's disease virus serotype 1 strain CVI 988 in cell culture and the presence of demethylated CpG islands in the composition of promoters located at position 9413-9865 bp. and 127943 - 128193 b.p. genomic DNA of the virus. The data obtained make it possible to explain the mechanism of the increase in the pathogenicity of herpesvirus infections under conditions of a decrease in the activity of viral DNA methylation in the body.

Вирус болезни Марека – онкогенный герпесвирус птиц. Проблема онкогенности этого вируса для человека остается нерешенной. Известно, что он может размножаться в организме человека [1, 2], и ранее уже были зафиксированы случаи заболевания групп людей онкологическими заболеваниями после контакта с данным вирусом (неопубликованные данные).

В последнее десятилетие отмечается резко возросший интерес к болезни Марека [3]. Связано это с резким снижением эффективности противоэпизоотических мероприятий, в частности вакцинаций, появлением высокопатогенных штаммов (vv+) вируса болезни Марека (ВБМ) и, как следствие, повышением восприимчивости к болезни у птицы молодого возраста. Данные изменения, связанные с возросшим полиморфизмом вируса, предъявляют новые требования к системе диагностических мероприятий, предназначенной для анализа эпизоотической ситуации, к разработке системы противоэпизоотических мероприятий, к контролю за их эффективностью и поиску новых средств борьбы с инфекцией [4, 5].

ВБМ и индуцируемые ими злокачественные опухоли являются удобной и доступной естественной моделью изучения канцерогенеза, ассоциированного с герпесвирусами [3].

Метилированные основания в дезоксирибонуклеазе (ДНК) обнаружены свыше 50 лет назад. ДНК прокариот содержит модифицированные основания N6-метиладенин и 5-метилцитозин, тогда как ДНК выс-

ших эукариот в основном 5-метилцитозин. Метилирование остатков цитозина ДНК имеет место у бактерий, растений, животных, в том числе млекопитающих (включая человека), но отсутствует у дрожжей, нематод и дрозифилы [1, 6]. Метилирование осуществляется ферментативно в первые минуты после репликации ДНК, т.е. пострепликативно. Поскольку нуклеотидная последовательность ДНК при этом не меняется, метилирование по сути своей – событие эпигенетическое. Метилирование хотя и является стабильной и наследуемой модификацией, обратимо под воздействием деметилирующих агентов или ферментов и тем самым принципиально отличается от мутаций ДНК [7, 8]. Профиль метилирования, сильно влияющий на функциональное состояние гена, стабильно передается в ряду клеточных поколений. С этой точки зрения для организмов с большой продолжительностью жизни и интенсивной тканевой регенерацией (позвоночные, растения) надежная система эпигенетической наследственности (типа метилирования ДНК) жизненно необходима [9–11].

Цель исследования – изучить зависимость между метилированием промоторов вируса болезни Марека и копийностью вируса и оценить риски последствий нарушения фолатного цикла для манифестации герпесвирусных инфекций у животных и человека.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследований использовали нуклеотидные последовательности геномной ДНК вируса болезни Марека различных серотипов, депонированные в GenBank: AF147806 EF523390 AF243438, DQ530438, AY510475, NC002641.

Анализ распределения CpG-островков внутри генома проводили с использованием программы CPGPLOT. При анализе структуры распределения CpG-островков руководствовались следующими критериями: Observed/Expected ratio > 0,60, процент C + G > 50,00, длина > 200 п.н. Для поиска промоторов использовали программу Proscan: Version 1.7 (BIMAS).

Праймеры рассчитывали с использованием программ Beakon Designer, Vector NTI с последующей проверкой на гомологию с неспецифической ДНК в программе BLAST.

ПЦР проводили в конечном объеме 25 мкл, содержащем 67 мМ трис.-HCl (pH 8,9), 16 мМ сульфат аммония; 2,4 мМ MgCl₂; 0,01% Твин 20; 0,2 мМ дНТФ; 0,5 мкМ растворы олигонуклеотидных праймеров (табл. 1) и 1ЕD Taq-полимеразы. Реакцию проводили по следующей программе: горячий старт 95°С – 3 мин, далее – 45 циклов с денатурацией при 95°С 10 с, отжигом при температуре 62°С в течение 10 с и синтезом при 72°С 10 с. Финальная элонгация проводилась при 72°С 3 мин.

Таблица 1

Олигонуклеотиды, используемые в работе
Oligonucleotides used in the work

Олигонуклеотиды	Локализация промотора, п.н.	Размер ПЦР-продукта, п.н.
GGGGCGGAGAACTGAATCTCCA (22) TCGTCCCCGCGTGCAAGAT (19)	127943–128193	251
GACCAAGCATTGGCTGCAAAC (21) TATGCGATTGCTTACCCTTCC (22)	9412–9662	454

ПЦР в режиме реального времени с SYBRGreen I проводили на реалтайм-амплификаторе MiniOptycon (BioRad). Результаты амплификации верифицировали методом электрофореза в 6%-м ПААГ и анализом кри-вых плавления.

Статус метилирования ВБМ изучали в пробах патологического материала (селезенки) птицы, павшей от болезни Марека (БМ) на 4 птицефабриках (Алтайский край, Хакасия, Кемеровская и Новосибирская области), и от птицы, привитой против БМ аттенуированным штаммом ВБМ CVI988. Всего было собрано и протестировано 52 пробы.

Исследовали также культуры вируса, подвергнутого деметилированию в присутствии 5-аза-дезокситидина (20 мМ), препараты вакцин и интактный вирус. В работе использовали первично-трипсинизированные культуры клеток фибробластов (CEF) 20-дневных развивающихся куриных эмбрионов (РКЭ) и эпителий почки цыпленка.

Данные обрабатывали методами вариационной статистики, коэффициент корреляции рассчитывали по Пирсону.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка наличия или отсутствия метилирования, так же как и частичного метилирования, осуществлялась на основе выявления разницы между пороговыми циклами dC(t). Наличие неметилированных сайтов, входящих в состав изучаемой промоторной последовательности, выявлялось на основе способности метилчувствительной рестриктазы AclI рестриктировать неметилированные сайты 5'-C⁺CGG-3' и соответственно ингибировать реакцию (рис. 1), сдвигая пороговый цикл (C(t)) пропорционально количеству копий неметилированной ДНК.

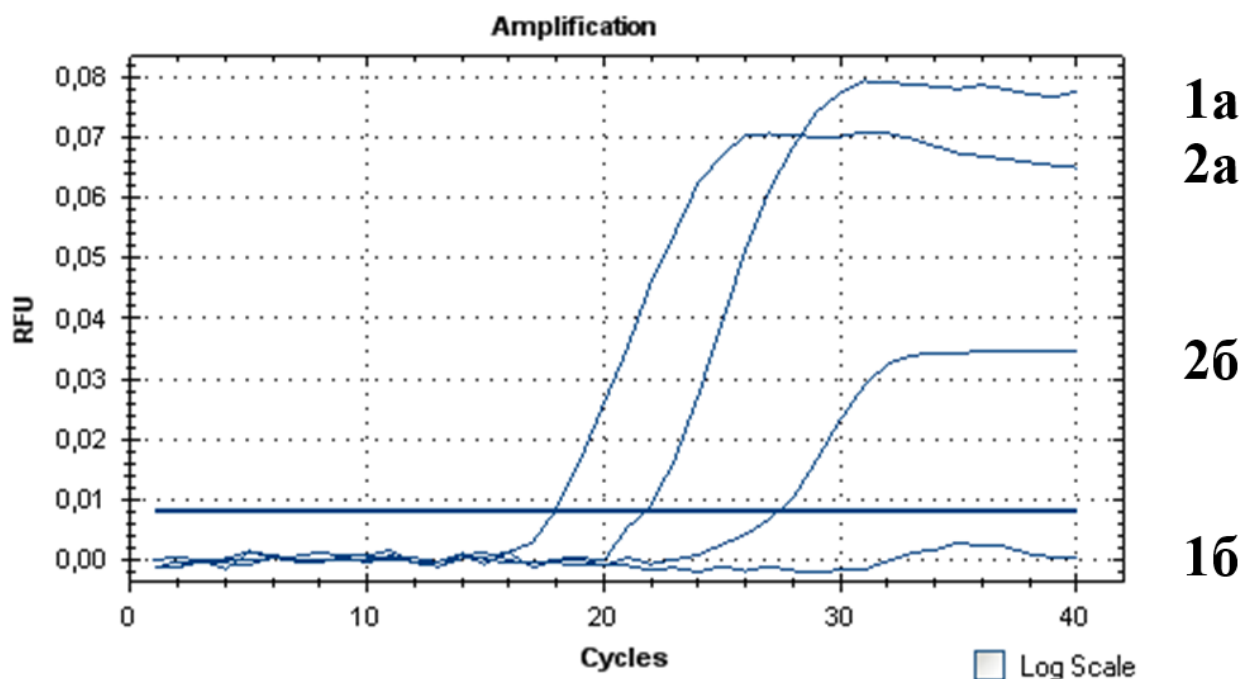


Рис. 1. Результаты метилчувствительной реал-тайм ПЦР штамма MDV CVI988 и полевого штамма MDV: 1а – штамм CVI 988 с деметилированной ДНК; 1б – штамм CVI 988 с деметилированной ДНК, предварительно рестриктированной AciI; 2а – изолят вируса болезни Марека из очага инфекции; 2б – изолят вируса болезни Марека из очага инфекции (ДНК предварительно рестриктирована AciI)

Fig.1 Results of methyl sensitive real-time PCR of strain MDV CVI 988 and field strain MDV:

1a – strain CVI 988 with demethylated DNA; 1b - strain CVI 988 with demethylated DNA, preliminarily restricted by AciI; 2a - Marek's disease virus Isolate from the focus of infection; 2b - Marek's disease virus Isolate from the focus of infection (DNA pre-restricted with AciI)

Наличие метилированных сайтов в составе исследуемых промоторных последовательностей также выявляли с использованием метилчувствительной рестриктазы GlaI, гидролизующей только метилированные сайты 5'-G(5mC)⁺G(5mC)-3', что также приводило к появлению различий в пороговых циклах реакции dC(t) между интактной и обработанной рестриктазой GlaI пробами.

Как следует из табл. 2, полевые изоляты ВБМ характеризуются широкимразнообразием статуса метилирования промотора,

локализуемого в позиции 9413–9865 п.н. геномной ДНК CVI988. Внутри промотора имеется 4 сайта рестрикции AciI.

Наличие как метилированных, так и неметилированных сайтов рестрикции для рестриктаз GlaI и AciI встречалось в 45% случаев. Только метилированные сайты для рестриктаз GlaI и AciI встречались в 25% случаев. В остальных случаях встречались неметилированные последовательности промотора 9413–9865 п.н.

Таблица 2

Статус метилирования CpG входящего в состав промотора (9413–9865 п.н.)
CpG methylation status of the promoter (9413–9865 bp)

№ п/п	Статус метилирования	Регион, откуда были получены пробы	Метилчувствительная ПЦР–гидролиз проб метилчувствительной рестриктазой AciI I			Метилчувствительная ПЦР –гидролиз проб метилчувствительнойрестриктазой GlaI,гидролизующей метилированные сайты CpG		
			AciI I	контроль	dC(t)	GlaI	контроль	dC(t)
1	3	Саяны	28	26	2	27	27	0
2	3	Саяны	34	32	2	31	30	1

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	2	Саяны	32	32	0	31	30	1
4	3	Саяны	31	29	2	30	29,5	0,5
5	3	Саяны	33	30	3	31	31	0
6	1	Саяны	34	32	2	34	30	4
7	2	Саяны	36	36	0	33	30	3
8	1	Саяны	33	32	1	31	29	2
9	1	Саяны	33	31	2	28	27	1
10	2	Кемерово	32	32	0	28	25	3
11	1	Саяны	31	29	2	28	26	2
12	2	Саяны	28	28	0	26	22	4
15	1	Саяны	30	28	2	28	27	1
16	1	Саяны	30	27	3	30	28	2
18	2	НСО	28	28	0	31	18	13
19	1	НСО	26	24	2	24	23	1
23	1	Алтайский край	30	27	3	31	29	2
24	3	Алтайский край	24	16	8	16	16	0
25	3	Алтайский край	28	14	14	14	15	-1
32	1	Хакасия	24	16	8	30	16	14
Тотально деметилированный CVI 988			28	22	6	22	22	0
Частично деметилированные штаммы CVI 988			34	31	3	38	35	3
			31	29	2	31	28	3
			34	33	1	35	34	1

Примечание. 1 – есть метилированные и неметилированные сайты рестрикции; 2 – есть только метилированные сайты рестрикции; 3 – есть только неметилированные сайты рестрикции.

При изучении статуса метилирования промотора 127943–128193 п.н. не гидролизировались рестриктазой AciI 30% проб, причем статус метилирования промоторных последовательностей 9413–9865 и 127943–128193 п.н. в ряде случаев не совпадал. Такие результаты свидетельствуют о том, что метилирование участка геномной ДНК вируса болезни Марека не в полной мере отражает общий уровень ее метилирования.

В рамках выяснения роли деметилирования промоторных последовательностей проанализировали зависимости между dC(t) (между пробой, обработанной рестриктазой AciI, и той же, но интактной пробой) и C(t) (интактной пробой). Так, увеличение пула вирусов болезни Марека, содержащих неметилированные сайты AciI в составе промоторных последовательностей 9413–9865 и 127943–128193 п.н., свидетельствует о том, что пробы, характеризующиеся $dC(t) > 1$, от-

личаются более значительным содержанием геномной ДНК ВБМ. Коэффициент корреляции dC(t) и C(t) для промоторных последовательностей 9413–9865 и 127943–128193 п.н. составил $r = -0,88$ и $r = -0,79$. В данном случае корреляция отрицательна ввиду того, что зависимость между количеством матричной ДНК и величиной порогового цикла (C(t)) также отрицательна. Корреляционных зависимостей между результатами метилчувствительных ПЦР с использованием GlaI и AciI, а также между dC(t) и C(t) в метилчувствительной ПЦР с GlaI обнаружено не было.

Установлено наличие частично гидролизуемых метилчувствительными рестриктазами проб (50%), что выражается в присутствии dC(t) при постановке метилчувствительной ПЦР как с использованием рестриктазы GlaI, так и AciI, а также в самом факте неполного ингибирования реакций рестриктазами (рис. 2).

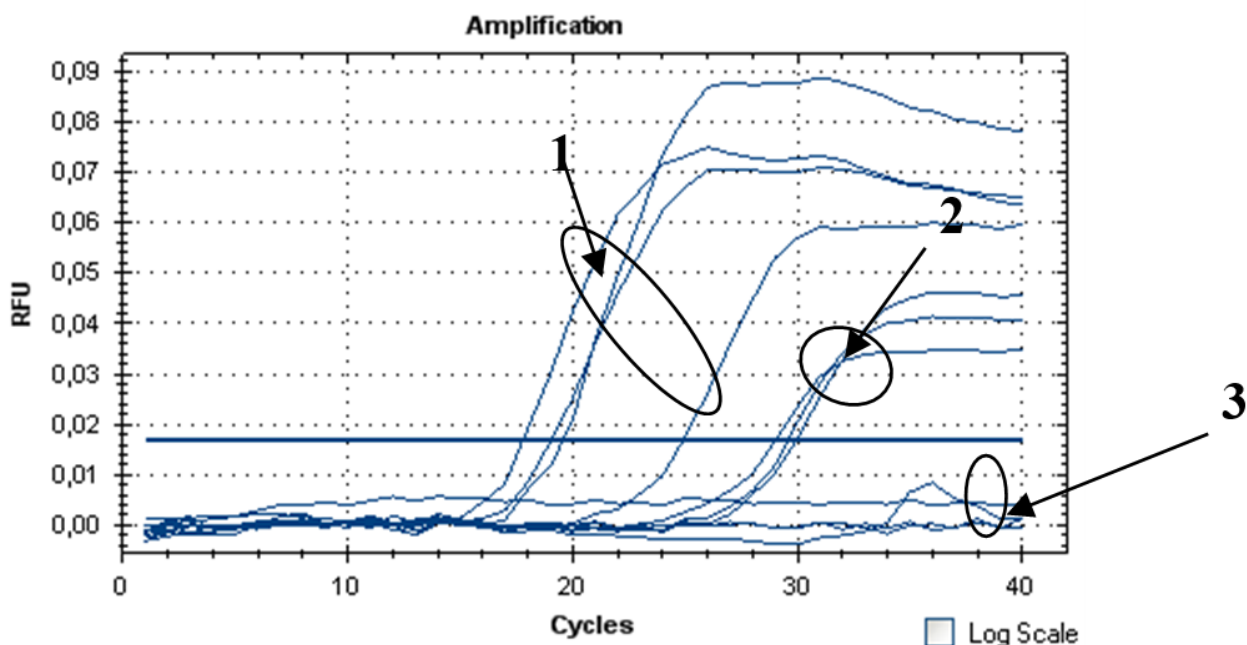


Рис. 2. Результаты метилчувствительной реал-тайм ПЦР ДНК вируса болезни Марек из павшей от БМ птицы:

1а – нерестриктированные метилчувствительной рестриктазой пробы; 2 – пробы, характеризующиеся частичным метилированием изучаемого промотора (обработка рестриктазой AciI частично ингибировала реакцию); 3 – пробы, характеризующиеся 100% отсутствием сайтов рестрикции AciI (промотор полностью гидролизован AciI)

Fig. 2. Results of methyl-sensitive real-time PCR DNA of Marek's disease virus from birds that died from Marek's disease

1a – samples unrestricted with a methyl-sensitive restriction enzyme, 2 – samples characterized by partial methylation of the studied promoter (treatment with restriction enzyme AciI partially inhibited the reaction); 3 – samples characterized by the presence of 100%-m absence of AciI restriction sites (the promoter is completely hydrolyzed by AciI)

Данный феномен может быть объяснен как наличием новообразованных цепей ДНК, которые не успели метилироваться, так и наличием ДНК вируса с различным статусом метилирования.

В современных реалиях существуют риски реверсии апатогенных/вакцинных штаммов. В контексте данного исследования можно рассуждать о рисках повышения патогенности герпесвирусов на модели болезни Марек в условиях дефицита фолиевой кислоты, B_6 , B_{12} и холина.

Герпесвирусы способны к иммортализации лимфоцитов человека, вызывая бласттрансформацию, а многие представители этого семейства: вирус Эпштейна–Барр (ВЭБ), герпесвирус человека 6-го типа (ВГЧ-6), 8-го типа (ВГЧ-8), герпесвирус обезьян саймири – прототипные модели для изучения вирусного канцерогенеза [12, 13].

В присутствии герпесвирусов в организме снижается концентрация в плазме крови витаминов B_6 , B_{12} , но не фолиевой кислоты [14]. Однако при этом дефицит витамина B_{12} может генерировать большой пул метил-ТГФ, который не способен вступать в реакции и будет имитировать дефицит фолиевой кислоты. Патогенность герпесвирусов повышается вследствие нарушения фолатного цикла и снижения иммунного ответа.

По мнению ВОЗ, основным источником инфекций для людей в последнее время являются животные.

Зоонозы составляют значительную долю новых и существующих болезней человека. С учетом наших тесных связей с сельскохозяйственными, домашними и обитающими в природной среде животными зоонозы представляют собой серьезную проблему в области здравоохранения во всем мире.

У людей, переболевших COVID-19, возникают нарушения пуринового обмена и дефицит фолиевой кислоты, что может являться причиной активации герпесвирусов и снижения иммунного ответа. Разнообразные симптомы напоминают дефицит витамина B_{12} – состояние, при котором нарушается статус метилирования. При нарушениях пуринового обмена происходит гиперпродукция мочевой кислоты, что проявляется повышением ее концентрации в крови (гиперурикемия) и моче (гиперурикурия) [15]. Вирус SARS-CoV-2 вызывает повышенную потребность в метильных группах, одновременно нарушая их поступление из-за вызванного вирусом окислительного стресса [16]. Люди с постковидным синдромом наиболее подвержены реактивации в организме герпесвирусов, которые в том числе могут попадать в организм человека от животных.

Болезнь Марек – инфекционное, высококонтагиозное, хроническое заболевание кур, широко распространенное во всем мире, характеризующееся развитием массовых лимфоидных новообразований, снижением иммунитета и гибелью птицы [17, 18]. В научной литературе отмечается способность человека к вирусовыделению ВБМ в течение 70 дней. Нами отмечалось успешное культивирование ВБМ на культурах клеток человека.

Большая часть промоторов у ВБМ 1-го серотипа не входит в состав CpG-островков, так, из 56 найденных промоторов только 9 теоретически могут изменять свою регуляторную активность под воздействием метилирования [8, 19].

Теоретически, интерес в качестве генов-кандидатов, метилирование промоторов которых способно влиять на патогенность вируса, должны представлять те из них, продукты экспрессии которых не являются структурными компонентами капсида вирусной частицы, и в рамках вирусной репликации допускается изменение активности экспрессии.

Обращает на себя внимание наличие у апатогенного вакцинного штамма CVI988 дополнительного островка длиной 229 п.н. (111589–111817 п.н.). Данный островок предшествует CDS99 (MDV062, UL49) – гомологу фосфопротеина VP22 герпессимплексовируса человека [6]. Функция фосфопротеина VP22 у герпесвирусов человека и животных в настоящее время до конца не изучена. Показана способность фосфопротеина VP22 связываться с хроматином эукариотических клеток и микротрубочками ядерного аппарата. Изучена и используется с исследовательскими целями

способность ассоциации с плазматическими мембранами клетки, сопровождающейся интенсификацией транспорта различных белков внутрь клетки. Исследователи установили способность VP22 к взаимодействию с вирусным протеином VP16 и изменению уровня упаковки в вирион белка ICP0. У различных штаммов вируса болезни Марек первого серотипа данный ген характеризуется высокой изменчивостью [20].

Представляет интерес индукция апоптоза (механизм самоуничтожения клетки, например, в ответ на вирусную инфекцию или опухолевую трансформацию) вследствие нарушения изменения концентрации Bax/Bcl-2-протеинов. В исследованиях на культуре клеток нейробластомы человека использовали VP22 герпесвируса крупного рогатого скота, поэтому дальнейшие исследования с герпесвирусами птиц будут иметь большую значимость.

Ввиду того, что фаза цитолитической инфекции БМ, вызванной патогенными штаммами ВБМ, сопровождается индукцией апоптоза клеток лимфоидного ряда, возможно, именно регуляция экспрессии гена VP 22 является решающим фактором в реализации патогенности вируса болезни Марек 1-го серотипа. Семейство Bcl-2-протеинов является внутриклеточным мессенджером поверхностно-связанного рецептора ФНО (фактора некроза опухоли) – регуляторного протеина, обладающего провоспалительными и проапоптотическими активностями, в частности экспрессия гена Bax, при условии превышения концентрации этого белка относительно белков-ингибиторов апоптоза (A1, Bcl-2, Bcl-w and Bcl-xL), способна запустить каскад регуляторных реакций, приводящих к апоптозу клетки [19].

Сам факт наличия неоднородности метилирования отдельных локусов ДНК ВБМ заставляет усомниться в роли эпигенетических изменений и их сохранении при передаче инфекционного агента.

В 2011–2021 гг. инфекция стала поражать более молодую птицу – в возрасте около 30 дней вместо 70 ранее. Одновременно помолодела другая герпесвирусная инфекция, поражающая репродуктивную систему. Волны герпесвирусных инфекций совпадают с третьей инфекцией – RSS.

RSS (везикулярный энтерит, ассоциируется с синдромом расслоения стада по массе). По нашим наблюдениям (неопубликованные данные), эта инфекция очень часто сопровождается появлением БМ. Массовое распро-

странение RSS нами зафиксировано с 2011 г., вероятно, связанное с племенной птицей (не исключено распространение с живыми вакцинами). Новая форма везикулярного энтерита начала нами фиксироваться в РФ в течение лета 2013 г. Распространение по птицефабрикам осуществлялось, с высокой вероятностью, через людей (температура 37°C в течение года, воспаления лицевых нервов). В 2011–2012 гг. наблюдались случаи появления злокачественных новообразований молочной железы у всех сотрудниц, работающих с живым вирусом ВБМ на одной из птицефабрик в Краснодарском крае. В 2011–2012 и 2014–2016 гг. две волны БМ (опухоли сочетались с поражением яичников у птицы) сопровождались ростом инцидентности доброкачественных и злокачественных новообразований яичников у ветеринарного персонала. На одной из птицефабрик Западно-Сибирского региона переболел 21 человек (были прооперированы), 2 человека умерли. Пока нет возможности доказать наличие заражения БМ этих людей и можно рассуждать лишь о косвенной связи.

На сегодняшний день, по нашему мнению, появились дополнительные факторы, повышающие риск заражения людей ВБМ:

1. болезнь Марека начала появляться у цыплят-бройлеров в возрасте 30 дней и старше, т.е. отныне контакт с мясом птицы несет риск заражения;

2. эпидемия COVID-19 сопровождается дефицитом фолиевой кислоты, т.е. нарушением фолатного цикла у людей, что повышает

риск манифестации заболеваний, связанных с ДНК-вирусами;

3. COVID-19 снижает устойчивость населения к герпесвирусным инфекциям [21] (см. также п. 2).

ВЫВОДЫ

1. Обнаружена корреляционная зависимость между концентрацией геномной ДНК вируса болезни Марека 1-го серотипа в патологическом материале и наличием деметилированных CpG-островков в составе промоторов, локализующихся в положении 9413–9865 и 127943–128193 п.н. геномной ДНК вируса.

2. Наличие зависимости между копийностью вируса и статусом метилирования позволяет предполагать, что процессы метилирования ДНК герпесвирусов (на примере болезни Марека) могут влиять на устойчивость к вирусным инфекциям, а на уровне популяций – на интенсивность вирусывыделения, повышая риск эпизоотий и эпидемий герпесвирусных инфекций.

3. Возможной причиной реактивации герпесвирусных инфекций у людей, переболевших COVID-19, может быть также дефицит фолиевой кислоты, что, в свою очередь, повышает риск межвидового перехода, в т.ч. ВБМ.

Работа выполнена при поддержке госзадания НГАУ (122040400096-4) «Изучение молекулярных основ полигостальности возбудителей болезней, в том числе общих для человека и животных».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Jin Z., Liu Y. DNA methylation in human diseases // *Genes & diseases*. – 2018. – Т. 5, N 1. – P. 1–8.
2. Kennedy D.A., Dunn P.A., Read A.F. Modeling Marek's disease virus transmission: A framework for evaluating the impact of farming practices and evolution // *Epidemics*. – 2018. – Т. 23. – P. 85–95.
3. Detection of avian oncogenic Marek's disease herpesvirus DNA in human sera / S. Laurent [et al.] // *Journal of general virology*. – 2001. – Т. 82, N 1. – P. 233–240.
4. Marek's disease vaccines-induced differential expression of known and novel microRNAs in primary lymphoid organ bursae of White Leghorn / L. Zhang [et al.] // *Veterinary research*. – 2020. – Т. 51, N 1. – С. 1–14.
5. Нуралиев Е.Р., Кочиш И.И. Болезнь Марека в приусадебных хозяйствах – резервуар возбудителя инфекции для промышленного птицеводства // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 4 (28). – С. 162–169.
6. Донченко А.С., Юшков Ю.Г., Афонюшкин В.Н. Поиск генов-кандидатов вируса болезни Марека, способных повышать его патогенность при деметилировании промоторов // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. – 2009. – № 1. – С. 73–75.
7. Analysis of DNA methylation of CD79B in MDV-infected chicken spleen / L. Wang [et al.] // *Journal of Integrative Agriculture*. – 2021. – Т. 20, N 11. – P. 2995–3002.

8. *Correlation analyses of CpG island methylation of cluster of differentiation 4 protein with gene expression and T lymphocyte subpopulation traits* / X. Zhao [et al.] // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. – 2018. – Т. 31, N 8. – P. 1141.
9. *Jaenisch R., Bird A.* Epigenetic regulation of gene expression: how the genome integrates intrinsic and environmental signals // *Nature genetics*. – 2003. – Т. 33, N 3. – P. 245–254.
10. *Genetic characterization of a Marek's disease virus strain isolated in Japan* / S. Murata [et al.] // *Virology journal*. – 2020. – Т. 17, N. 1. – P. 1–13.
11. *Frias-Lasserre D., Villagra C.A.* The importance of ncRNAs as epigenetic mechanisms in phenotypic variation and organic evolution // *Frontiers in Microbiology*. – 2017. – Т. 8. – P. 2483.
12. *Role of Marek's Disease Virus (MDV)-encoded US3 serine/threonine protein kinase in regulating MDV Meq and Cellular CREB phosphorylation* / Y. Liao [et al.] // *Journal of virology*. – 2020. – Т. 94, N 17. – P. e00892-20.
13. *Identification of Marek's disease virus VP22 tegument protein domains essential for virus cell-to-cell spread, nuclear localization, histone association and cell-cycle arrest* / L. Trapp-Fragnet [et al.] // *Viruses*. – 2019. – Т. 11, N 6. – P. 537.
14. *Effects of B vitamin injections on plasma B vitamin concentrations of feed-restricted beef calves infected with bovine herpesvirus-1* / P.L. Dubeski, F.N. Owens, W.O. Song, S.P. Coburn, J.D. Mahuren // *J Anim Sci*. – 1996. – Vol. 74 (6). – P. 1358–1366. – DOI: 10.2527/1996.7461358x. PMID: 8791209.
15. *Яровой С.К., Максудов Р.Р.* Нарушения обмена пуринов в практике врача уролога // *Экспериментальная и клиническая урология*. – 2013. – № 3. – С. 88–93.
16. *McCaddon A., Regland B.* COVID-19: A methyl-group assault? // *Medical hypotheses*. – 2021. – Т. 149. – С. 110543.
17. *López O.S., Villar A.D., Chaparro G.J.* Challenges in the diagnosis and control of Marek's disease virus in Colombia // *Revista MVZ Córdoba*. – 2019. – Т. 24, N 1. – P. 7157–7165.
18. *Davidson I.* Out of Sight, but Not Out of Mind: Aspects of the Avian Oncogenic Herpesvirus, Marek's Disease Virus // *Animals*. – 2020. – Т. 10, N 8. – P. 1319.
19. *Вопросы эволюции CpG-островков в геноме вируса болезни Марека* / Ю.Г. Юшков [и др.] // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. – 2010. – № 1. – С. 84.
20. *Alpha herpesvirus major tegument protein VP22: its precise function in the viral life cycle* / L. Wu [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. – 2020. – Т. 11. – P. 1908.
21. *COVID-19 и риск реактивации герпесвирусной инфекции* / Т.В. Соломай [и др.] // *Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы*. – 2021. – Т. 11, № 2. – С. 55–62.

REFERENCES

1. Jin Z., Liu Y., DNA methylation in human diseases, *Genes & diseases*, 2018, Vol. 5, No. 1, pp. 1–8.
2. Kennedy D.A., Dunn P.A., Read A.F., Modeling Marek's disease virus transmission: A framework for evaluating the impact of farming practices and evolution, *Epidemics*, 2018, Vol. 23, pp. 85–95.
3. Laurent S. [et al.], Detection of avian oncogenic Marek's disease herpesvirus DNA in human sera, *Journal of general virology*, 2001, Vol. 82, No. 1, pp. 233–240.
4. Zhang L. [et al.], Marek's disease vaccines-induced differential expression of known and novel microRNAs in primary lymphoid organ bursae of White Leghorn, *Veterinary research*, 2020, Vol. 51, No. 1, pp. 1–14.
5. Nuraliev E.R., Kochish I.I., *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, No. 4 (28), pp. 162–169 (In Russ.).
6. Donchenko A.S., Yushkov Yu.G., Afonyushkin V.N., *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2009, No. 1, pp. 73–75 (In Russ.).
7. WANG L. [et al.], Analysis of DNA methylation of CD79B in MDV-infected chicken spleen, *Journal of Integrative Agriculture*, 2021, Vol. 20, No. 11, pp. 2995–3002.

8. Zhao X. [et al.], Correlation analyses of CpG island methylation of cluster of differentiation 4 protein with gene expression and T lymphocyte subpopulation traits, *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2018, Vol. 31, No. 8, pp. 1141.
9. Jaenisch R., Bird A., Epigenetic regulation of gene expression: how the genome integrates intrinsic and environmental signals, *Nature genetics*, 2003, Vol. 33, No. 3, pp. 245–254.
10. Murata S. [et al.], Genetic characterization of a Marek's disease virus strain isolated in Japan, *Virology journal*, 2020, Vol. 17, No. 1, pp. 1–13.
11. Frías-Lasserre D., Villagra C.A., The importance of ncRNAs as epigenetic mechanisms in phenotypic variation and organic evolution, *Frontiers in Microbiology*, 2017, Vol. 8, pp. 2483.
12. Liao Y. [et al.], Role of Marek's Disease Virus (MDV)-encoded US3 serine/threonine protein kinase in regulating MDV Meq and Cellular CREB phosphorylation, *Journal of virology*, 2020, Vol. 94, No. 17, pp. e00892-20.
13. Trapp-Fragnet L. [et al.], Identification of Marek's disease virus VP22 tegument protein domains essential for virus cell-to-cell spread, nuclear localization, histone association and cell-cycle arrest, *Viruses*, 2019, Vol. 11, No. 6, p. 537.
14. Dubeski P.L., Owens F.N., Song W.O., Coburn S.P., Mahuren J.D., Effects of B vitamin injections on plasma B vitamin concentrations of feed-restricted beef calves infected with bovine herpesvirus-1, *J Anim Sci.*, 1996, Vol. 74 (6), pp. 1358–66, DOI: 10.2527/1996.7461358x. PMID: 8791209.
15. Yarovoj S.K., Maksudov R.R., *Eksperimental'naya i klinicheskaya urologiya*, 2013, No. 3, pp. 88–93 (In Russ.).
16. McCaddon A., Regland B., COVID-19: A methyl-group assault?, *Medical hypotheses*, 2021, Vol. 149, p. 110543.
17. López O.S., Villar A.D., Chaparro G.J., Challenges in the diagnosis and control of Marek's disease virus in Colombia, *Revista MVZ Córdoba*, 2019, Vol. 24, No. 1, pp. 7157–7165.
18. Davidson I., Out of Sight, but Not Out of Mind: Aspects of the Avian Oncogenic Herpesvirus, Marek's Disease Virus, *Animals*, 2020, Vol. 10, No. 8, pp. 1319.
19. Yushkov Yu.G. [et al.], *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 2010, No. 1, p. 84 (In Russ.).
20. Wu L. [et al.], Alphaherpesvirus major tegument protein VP22: its precise function in the viral life cycle, *Frontiers in Microbiology*, 2020, Vol. 11, p. 1908.
21. Solomaj T.V. [et al.], *Epidemiologiya i infekcionnye bolezni. Aktual'nye voprosy*, 2021, Vol. 11, No. 2, pp. 55–62 (In Russ.).

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОГО СТРЕССА НА КОРОВ В СУХОСТОЙНЫЙ И ПОСЛЕРОДОВОЙ ПЕРИОД

А.И. Белоусов, доктор ветеринарных наук, старший научный сотрудник

И.А. Шкуратова, член-корреспондент РАН, доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник

А.С. Красноперов, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

О.Ю. Опарина, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

С.В. Малков, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Россия

E-mail: marafon.86@list.ru

Ключевые слова: тепловой стресс, температурно-влажностный индекс, гематология, гематологические индексы, клиническая биохимия, метаболизм, высокопродуктивный крупный рогатый скот.

Реферат. Представлена информация о влиянии теплового стресса на коров в сухостойный и послеродовой период. Цель исследования – изучить клинко-метаболические проявления теплового стресса у сухостойных и новотельных коров. Объект исследования – коровы раннего, позднего сухостойного периода и новотельные. Проводили оценку параметров микроклимата животноводческих помещений, диспансеризацию крупного рогатого скота и отбор проб крови для гематологического и биохимического исследований. Рассчитывали также лейкоцитарный индекс интоксикации, индекс сдвига лейкоцитов крови и лимфоцитарный индекс. В ходе диспансеризации у животных было установлено ухудшение общего состояния, слабость, снижение потребления корма. Выявлено повышение температуры тела ($39,42 \pm 0,55$ °C), тахипноэ ($86,45 \pm 8,04$ дых. дв.) и тахикардия ($127,65 \pm 3,66$ уд/мин). При гематологическом исследовании установлено снижение абсолютного количества лимфоцитов и смещение показателей лейкоцитарной формулы. По результатам оценки лимфоцитарного индекса у коров сухостойного периода соотношение гуморального и клеточного звеньев иммунитета имело сбалансированный характер, а у новотельных наблюдался дисбаланс. Биохимический скрининг сыворотки крови коров в условиях теплового стресса показал достоверные изменения метаболического профиля на фоне общего снижения потребления корма. Содержание общего белка и глобулинов в сыворотке крови в первые дни после отела составило $68,36 \pm 3,48$ ($p \leq 0,01$) и $35,36 \pm 3,89$ г/л ($p \leq 0,01$), что на 16,0 и 33,0 % ниже, чем у коров раннего сухостойного периода. Уровень глюкозы и холестерина прогрессивно снижался после запуска, достигая минимума в послеродовой период (глюкоза – $3,14 \pm 0,59$, общий холестерин – $2,18 \pm 0,55$ ммоль/л ($p \leq 0,01$)). Содержание мочевины в крови животных достоверно увеличивалось, достигая максимума в первые дни после отела – $7,44 \pm 1,48$ ммоль/л ($p \leq 0,01$). Установлено также повышение содержания общего билирубина, аспартатаминотрансферазы и креатинфосфокиназы. Таким образом, тепловой стресс приводит к изменениям клинко-метаболического статуса у высокопродуктивных коров.

INFLUENCE OF HEAT STRESS ON COWS DURING THE DRY AND POSTPARTUM PERIOD

A.I. Belousov, Doctor of Veterinary Sciences, Senior Researcher

I.A. Shkuratova, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher

A.S. Krasnoperov, Ph.D. in Veterinary Sciences, Senior Researcher

O.Iu. Oparina, Ph.D. in Veterinary Sciences, Senior Researcher

S.V. Malkov, Ph.D. in Veterinary Sciences, Senior Researcher

Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

E-mail: marafon.86@list.ru

Keywords: heat stress, temperature and humidity index, hematology, hematological indices, clinical biochemistry, metabolism, highly productive cattle.

Abstract. In the article, the authors presented information on the effect of heat stress on cows in the dry and postpartum periods. The study aims to study clinical and metabolic manifestations of heat stress in dry and fresh cows. The object of the study is cows of the early and late dry periods and new calves. The authors assessed

the parameters of the microclimate of livestock premises, clinical examination of cattle, and blood sampling for hematological and biochemical studies. The authors also calculated the leukocyte index of intoxication, the shift index of blood leukocytes, and the lymphocytic index. Animals were found to have worsened general conditions, weakness, and reduced feed intake during the medical examination. An increase in body temperature (39.42 ± 0.55 °C), tachypnea (86.45 ± 8.04 resp.), and tachycardia (127.65 ± 3.66 bpm) were also revealed. A hematological study revealed a decrease in the absolute number of lymphocytes and a shift in the indicators of the leukocyte formula. According to the results of the assessment of the lymphocytic index in cows during the dry period, the ratio of humoral and cellular immunity was balanced, and in new calves, an imbalance was observed. Biochemical screening of the blood serum of cows under conditions of heat stress showed significant changes in the metabolic profile against the background of a general decrease in feed intake. The content of total protein and globulins in the blood serum in the first days after calving was 68.36 ± 3.48 ($p \leq 0.01$) and 35.36 ± 3.89 g/l ($p \leq 0.01$), which is 16.0 and 33.0% lower than in cows of the early dry period. Glucose and cholesterol levels progressively decreased after starting, reaching a minimum in the postpartum period (glucose - 3.14 ± 0.59 , total cholesterol - 2.18 ± 0.55 mmol/l ($p \leq 0.01$)). The content of urea in the blood of animals increased significantly, reaching a maximum in the first days after calving - 7.44 ± 1.48 mmol/l ($p \leq 0.01$). The authors also found an increase in the content of total bilirubin, aspartate aminotransferase, and creatine phosphokinase. Thus, heat stress leads to changes in the clinical and metabolic status of highly productive cows.

В современных условиях глобального потепления происходит рост средней температуры окружающей среды, что сказывается на всех сферах жизнедеятельности и оказывает существенное влияние на животноводство. Воздействие на организм животных высоких температур, особенно в условиях повышенной влажности, приводит к ряду физиологических изменений, направленных на активацию механизмов терморегуляции. Самая комфортная температура окружающей среды для крупного рогатого скота – от минус 13 до плюс 25 °C. При достижении верхнего критического уровня может развиваться состояние теплового стресса, когда производство тепла в организме животных превышает теплоотдачу в окружающую среду.

Температура тела у крупного рогатого скота поддерживается на уровне 38,5 °C ($\pm 0,5$ °C). Вследствие интенсивного обмена веществ молочные коровы при переваривании корма и синтезе молока выделяют большое количество тепла. Однако у крупного рогатого скота способность к потоотделению ограничена, что объясняет их высокую чувствительность к тепловому стрессу. Особенно чувствительны к повышению температуры окружающей среды высокопродуктивные животные.

Гипертермия обуславливает перераспределение крови к периферическим тканям, способствуя усилению потери тепла организмом, вызывает учащение дыхания, что приводит к изменению кислотно-щелочного баланса и развитию дыхательного алкалоза [1–3]. В этих условиях снижается потребление корма животными, уменьшается поступление в организм сухого вещества и, как следствие, снижается масса тела. Кроме этого, часть энергии

корма, используемой ранее на производство молока, расходуется на процессы терморегуляции, что вызывает снижение продуктивности и воспроизводительных качеств животных [4–6], негативно сказывается на продолжительности хозяйственного использования, реализации генетического потенциала и приводит к значительным экономическим потерям [7–9]. Адаптация к повышенной температуре сопровождается развитием компенсаторно-приспособительных реакций, изменением метаболизма и характерными клиническими проявлениями.

Цель исследования – изучить влияние повышенной температуры окружающей среды на клинико-метаболические проявления теплового стресса у сухостойных и новотельных коров.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в отделе экологии и незаразной патологии животных Уральского научно-исследовательского ветеринарного института ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в рамках государственного задания в соответствии с Программой ФНИ государственных академий наук по направлению 4.2.1.5 «Разработка технологий прижизненного управления качеством животноводческого сырья для получения высококачественных и безопасных продуктов питания».

Объект исследования – крупный рогатый скот. Для исследования было отобрано 3 группы по 10 животных в каждой. В 1-ю группу вошли коровы раннего сухостойного периода, во 2-ю – позднего сухостойного периода, в

3-ю – новотельные. Исследования проводили в летний период.

Проводили оценку параметров микроклимата животноводческих помещений, диспансеризацию крупного рогатого скота по методу И.Г. Шарабрина (1985) и отбор крови для гематологического и биохимического исследований.

Для анализа состояния микроклимата в животноводческих помещениях были проведены замеры температуры, влажности и скорости движения воздуха. Температуру воздуха измеряли с помощью бесконтактного инфракрасного термометра VKTECH GM320 (Китай), относительную влажность воздуха – цифровым гигрометром ККМОООН TL-500 (Китай), а скорость движения воздуха в помещении – анемометром с крыльчаткой HoldPeak HP-866B (Китай). Определяли также температурно-влажностный индекс (ТВИ) по шкале оценки температурного стресса, разработанной Z.R. Burgos и R.J. Collier (Арканзасский университет) [10].

Отбор проб крови у коров проводили из подхвостовой вены в вакуумные пробирки фирмы «МиниМед» с ЭДТА-К2 и литий-гепарином. Клинико-лабораторные исследования крови животных проводили согласно требованиям национального стандарта РФ ГОСТ 31886-2012.

Гематологические показатели определяли на анализаторе Abacus Junior Vet (Diatron, Австрия), применяя стандартные реактивы (Diatron, Австрия); лейкоцитарную формулу подсчитывали в мазках крови, окрашенных по Романовскому-Гимзе (300 клеток на ма-

зок) на микроскопе Olympus BX 43 (Olympus, Япония).

Для определения степени эндогенной интоксикации организма и его иммунореактивности рассчитывали следующие гематологические лейкоцитарные индексы: лейкоцитарный индекс интоксикации в модификации Б.А. Рейса (ЛИИр), индекс сдвига лейкоцитов крови (ИСЛК) и лимфоцитарный индекс (ЛИ) [11].

Биохимические исследования осуществляли на анализаторе Chem Well-2910 Combi (Awaveness Technology, США) с применением оригинальных наборов реактивов (Vital Diagnostics SPb, Россия; DIALAB GmbH, Австрия), используя турбометрические, кинетические и колориметрические методы. Достоверность выполненных измерений подтверждена контрольными материалами, рекомендованными производителями реактивов.

Математическую и статистическую обработку полученных данных проводили с использованием прикладной программы Statistica 11.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ показателей микроклимата помещений, в которых содержались животные из обследованных групп, выявил превышение температуры воздуха на 9,25–10,15 °С (табл. 1).

Таблица 1

Параметры микроклимата в животноводческих помещениях
Microclimate parameters in livestock houses

Группа	Температура воздуха, °С	Влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Норма	+8,00...+20,00	50,00–85,00	0,5–1,00
1-я	+29,25	42,00	0,6
2-я	+29,30	42,12	0,6
3-я	+30,15	54,50	0,60

Согласно шкале оценки температурного стресса, разработанной Z.R. Burgos и R.J. Collier [10], температурно-влажностный индекс (ТВИ) в помещениях составил 75–79 у.е. что соответствует умеренному тепловому стрессу. При этом в помещении с новотель-

ными коровами показатель ТВИ находился на границе с сильным тепловым стрессом.

Скорость движения воздуха в животноводческих помещениях составляла 0,6 м/с, что ниже нормативных значений на 40 %. Низкая скорость движения воздуха приводит к ухудшению микроклимата – повышенной

концентрации углекислого газа и аммиака, а это, в свою очередь, усугубляет негативное влияние на организм животных теплового стресса.

При проведении клинического обследования животных установлено, что средняя ректальная температура, частота дыхательных движений и сердечных сокращений у животных из обследованных групп не имели достоверных различий. Так, ректальная тем-

пература в среднем составляла $39,42 \pm 0,55^{\circ}\text{C}$. Однако частота дыхательных движений и сердечных сокращений в группе раннего сухостоя была ниже на 7 % ($125,80 \pm 4,21$ уд/мин) и 3 % ($81,60 \pm 7,30$ дых. дв.) соответственно, чем в группе позднего сухостоя и новотельных животных ($128,09 \pm 3,30$ и $128,75 \pm 4,11$ уд/мин; $88,45 \pm 7,94$ и $87,00 \pm 8,60$ дых. дв.). Выявленные отклонения подтверждают тепловой стресс у животных (табл. 2).

Таблица 2

Результаты клинического обследования животных в условиях теплового стресса
Results of clinical examination of animals under heat stress conditions

Группа	Ректальная температура, $^{\circ}\text{C}$	Частота дыхательных движений в минуту	Частота сердечных сокращений в минуту
Норма	37,5–39,0	15–30	50–80
1-я	$39,65 \pm 0,82$	$81,60 \pm 7,30$	$125,80 \pm 4,21$
2-я	$39,17 \pm 0,43$	$88,45 \pm 7,94$	$128,09 \pm 3,30$
3-я	$39,78 \pm 0,28$	$87,00 \pm 8,60$	$128,75 \pm 4,11$

В условиях теплового стресса у всех животных развивался симптомокомплекс, проявляющийся ухудшением общего состояния, слабостью, снижением потребления корма с увеличением водопотребления. В тяжелых случаях животные были угнетены, принимали вынужденную лежащую позу, у них наблюдалась саливация. Признаки гипотонии рубца были установлены у 65,0 % коров позднего сухостойного и послеродового периодов и 50,0 % коров раннего сухостойного периода.

Общеклинический анализ мочи коров показал наличие признаков метаболического ацидоза у 28,6 % коров новотельного периода

(рН мочи 5,0–6,0), тогда как в группе коров сухостойного периода рН соответствовал физиологическим значениям. Признаков кетонурии у обследованных коров не установлено.

В результате гематологических исследований выявлено, что воздействие теплового стресса не оказало существенного влияния на гемопоэтическую функцию. Уровень эритроцитов, гемоглобина, гематокрита и тромбоцитов соответствовал референтным значениям как у сухостойных, так и у отелившихся коров. В то же время лейкоцитарный профиль животных разных групп отличался (табл. 3).

Таблица 3

Гематологические показатели коров в условиях теплового стресса
Hematological parameters of cows under conditions of heat stress

Показатели	Норма	Группа					
		1-я		2-я		3-я	
		Среднее	Ст. откл.	Среднее	Ст. откл.	Среднее	Ст. откл.
1	2	3	4	5	6	7	8
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	5,0–7,5	7,04	0,80	7,16	0,58	6,74	0,33
Гемоглобин, г/л	90–120	105,75	8,50	105,81	8,97	103,00	10,41
Гематокрит, %	24–46	34,28	2,81	33,78	3,16	35,50	4,47
Тромбоциты, $10^9/\text{л}$	100–800	251,75	20,98	232,54	68,67	291,20	18,86
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	4,5–12	6,77	0,87	8,41	1,99	5,77	0,80
Лимфоциты, $10^9/\text{л}$	2,5–7,5	2,27	0,44	3,90*	1,32*	3,68**	0,14**

Окончание табл. 3

	1	2	3	4	5	6	7	8
Лейкоцитарная формула, %	палочкоядерные	2–5	4,00	2,82	5,73	4,19	5,40	3,28
	сегментоядерные	15–35	40,00	9,60	44,63	7,60	21,60*	9,20*
	эозинофилы	5–11	17,25	4,84	8,64	2,39	1,20	0,68
	базофилы	0–2	0,75	0,25	0,72	0,17	0,80	0,40
	моноциты	2–7	2,75	0,48	1,36	0,28	4,80	0,60
	лимфоциты	40–75	35,25	9,63	38,82	9,45	66,00**	6,74**

Примечание. Здесь и далее: разница достоверна при применении U - критерия Манна-Уитни: * значимые критерии на уровне $p \leq 0,05$; ** значимые критерии на уровне $p \leq 0,01$.

Установлено, что общее количество лейкоцитов возрастало в течение сухостойного периода с $6,77 \pm 0,87$ до $8,41 \pm 1,99$ $10^9/\text{л}$. После отела оно снизилось до $5,77 \pm 0,80$ $10^9/\text{л}$. У животных раннего сухостойного периода относительное и абсолютное количество лимфоцитов было ниже в среднем на 10,53 %, в то время как относительное количество сегментоядерных нейтрофилов было выше на 12,50 %. У коров позднего сухостойного периода количество сегментоядерных нейтрофилов превышало референсную величину на 20,45 %. Перераспределение клеток белой крови у стельных коров имеет физиологическую природу и характеризует их миграцию в брюшную полость с последующим накоплением в толще матки, где они представлены преимущественно лимфоцитами, которые отличаются от лимфоцитов крови и не способны распознавать антигены плода. Однако под влиянием теплового стресса эти изменения носят более выраженный характер, что связано с резким снижением потребления корма животными [3].

Эозинофилия была зарегистрирована у 50 % коров раннего сухостойного периода и у 10 % позднего сухостойного периода.

Относительное количество эозинофилов превышало нормативные значения в 1,2–2,2 раза. При этом максимального значения показатель достигал у 20 % коров от общего числа животных из групп раннего и позднего сухостойного периода. Повышение количества данных клеток свидетельствует о сенсibilизации организма на фоне гипертермии [3]. После отела количество эозинофилов резко уменьшилось, что может быть связано с повышением адренокортикоидной активности после отела и под влиянием теплового стресса.

Для более полной оценки зарегистрированных сдвигов в гематологических показателях был проведен анализ данных с использованием гематологических индексов, показывающих взаимоотношение между различными классами клеток лейкоцитарной формулы [11, 12]. Индексы лейкоцитарной интоксикации в модификации Б.А. Рейса (ЛИИр) и сдвига лейкоцитов крови (ИСЛК) у животных обследованных групп находились в диапазоне от $0,40 \pm 0,23$ до $1,11 \pm 0,45$ и от $0,43 \pm 0,22$ до $1,78 \pm 0,78$ у.е. соответственно, что говорит об отсутствии воспалительного процесса и интоксикации (табл. 4).

Таблица 4

Гематологические индексы у коров в условиях теплового стресса, у. е.
Hematological indices in cows under heat stress, u.e.

Группа	ЛИИр	ИСЛК	ЛИ
1-я	$0,83 \pm 0,31$	$1,78 \pm 0,78$	$0,84 \pm 0,30$
2-я	$1,11 \pm 0,45$	$1,63 \pm 0,70$	$0,83 \pm 0,35$
3-я	$0,40 \pm 0,23$	$0,43 \pm 0,22$	$2,92 \pm 1,48$

Лимфоцитарный индекс (ЛИ) у коров позднего и раннего сухостойного периода составил $0,83 \pm 0,35$ и $0,84 \pm 0,30$ у.е. соответственно, а после отела $2,92 \pm 1,48$ у.е., из чего следует, что у коров сухостойного периода соотношение гуморального и клеточного звеньев иммунитета имело сбалансированный характер, а у новотельных наблюдался дис-

баланс, что, вероятно, связано с физиологическими процессами в организме отелившихся коров, характеризующимися обратной миграцией клеток белой крови в кровяное русло из толщи матки.

Биохимический скрининг сыворотки крови коров в условиях теплового стресса показал достоверные изменения метаболического

профиля. Установлено, что содержание общего белка прогрессивно снижается от периода раннего сухостоя к транзитному периоду (20 дней до отела – 15 дней после отела). У коров раннего сухостоя содержание общего белка в сыворотке крови определено на уровне $79,72 \pm 3,94$ г/л, тогда как в группе позднего сухостоя и новотельных коров показатель составил $73,13 \pm 4,83$ и $68,36 \pm 3,48$ г/л соответственно. Изменение белкового состава крови обусловлено общим снижением глобулиновой фракции, так как количество альбуминов у животных в указанные периоды находилось на постоянном уровне: $32,64 \pm 2,41$ г/л у коров раннего сухостоя и $33,00 \pm 2,13$ – у коров послеродового периода. Количество глобулинов у отелившихся коров было минимальным –

$35,36 \pm 3,89$ г/л против $47,08 \pm 3,60$ у коров раннего сухостоя (табл. 5).

Содержание глюкозы и общего холестерина в сыворотке крови коров послеродового периода было минимальным – $3,14 \pm 0,59$ и $2,18 \pm 0,55$ ммоль/л соответственно, что является отражением формирования «энергетической ямы» у коров. Ранее проведенные исследования [13] показывают, что снижение этих показателей обусловлено физиологическими изменениями после отела. Однако отклонения, выявленные при тепловом стрессе, характеризуют более выраженные нарушения углеводного и липидного обмена вследствие резкого снижения потребления корма, которые можно охарактеризовать как патологические.

Таблица 5

Биохимический профиль коров разного физиологического состояния в условиях теплового стресса
Biochemical profile of cows of different physiological conditions under heat stress

Показатели	Группа					
	1-я		2-я		3-я	
	Среднее	Ст. откл.	Среднее	Ст. откл.	Среднее	Ст. откл.
Общий белок, г/л	79,72	3,94	73,13**	4,83**	68,36**	3,48**
Альбумин, г/л	32,64	2,41	35,01**	2,68**	33,00	2,13
Глобулины, г/л	47,08	3,60	38,13**	6,04**	35,36**	3,89**
АсТ, Ед/л	79,10	13,34	76,08	13,90	111,30**	48,12**
Глюкоза, ммоль/л	3,58	0,42	3,28	0,27	3,14	0,59
Креатинин, мкмоль/л	101,41	13,85	108,08	19,48	105,22	20,60
Мочевина, ммоль/л	2,91	1,02	5,73**	1,96**	7,44**	1,48**
Общий билирубин, мкмоль/л	0,22	0,70	2,00	3,00	6,32**	5,84**
Щелочная фосфатаза, Ед/л	70,10	22,46	71,83	19,81	81,10	17,60
Гамма-ГТ, Ед/л	16,73	2,76	12,33**	4,25**	15,04	5,73
ГлДГ, Ед/л	49,81	30,89	33,48	21,63	25,02*	8,27*
КФК общая, Ед/л	151,94	138,52	228,80	342,93	321,10	426,44
Кальций, ммоль/л	2,28	0,10	2,36	0,13	2,30	0,31
Магний, ммоль/л	1,07	0,18	1,28**	0,15**	1,00	0,23
Фосфор, ммоль/л	2,12	0,39	2,31	0,47	2,11	0,30
Холестерин, ммоль/л	3,07	0,42	2,38**	0,61**	2,18**	0,55**

Групповой анализ показателей минерального обмена показал, что у коров послеродового периода регистрировали незначительное снижение общего кальция и неорганического фосфора – на 2,3 и 9,5 % при сравнении с группой позднего сухостоя. Однако анализ индивидуальных особенностей минерального профиля коров показывает, что у 60,0 % животных послеродового периода содержание

общего кальция было ниже 2,3 ммоль/л, что указывает на развитие субклинической гипокальциемии. Активность щелочной фосфатазы у коров после отела составляла $81,10 \pm 17,60$ Ед/л, что на 12,9–15,6 % выше, чем у коров сухостойного периода, что свидетельствует о повышенном риске развития остеодистрофических процессов в первые дни после отела [14].

Статистически значимые различия установлены в отношении концентрации мочевины в сыворотке крови коров в условиях теплового стресса. Установлено, что у коров позднего сухостоя и новотельного периода в условиях теплового стресса уровень мочевины был достоверно выше, чем у коров ранней сухостойной группы. Концентрация мочевины в сыворотке крови у животных позднего сухостойного периода за 20 дней до предполагаемого отела составила $5,73 \pm 19,6$ ммоль/л, а у новотельных – $7,44 \pm 1,48$, что в 2,0 и 2,6 раза выше показателей коров раннего сухостоя. Выявленные особенности указывают, что высокие температуры окружающей среды способствуют увеличению продукции аммиака в рубце и его конвертации в сывороточную мочевины на фоне высокобелкового рациона у коров транзитного периода при использовании максимальных резервов орнитинового цикла [15].

У отелившихся коров на фоне теплового стресса повышается функциональная нагрузка на печень, что подтверждается повышением содержания общего билирубина в сыворотке крови коров до $6,32 \pm 5,84$ мкмоль/л против $0,22 \pm 0,70$ и $2,00 \pm 3,00$ мкмоль/л у групп сухостойного периода.

Выявлена тенденция к повышению активности аспартатаминотрансферазы и креатинфосфокиназы после отела. Так, у коров в послеродовой период установлены максимальные значения АСТ и КФК – $111,30 \pm 48,12$ и $321,10 \pm 426,44$ Ед/л соответственно. В группах сухостойного периода средние значения АСТ не превышали 80,0 Ед/л, а КФК – 230,0 Ед/л. Изменения показателей могут указывать на органические повреждения миоцитов на фоне развития прогрессирующей мышечной дистрофии, окислительного стресса и активного глюконеогенеза в послеродовой период.

ВЫВОДЫ

1. Тепловой стресс приводит к изменениям клинико-метаболического статуса у

высокопродуктивных коров. Отмечалось ухудшение общего состояния, слабость, снижение потребления корма, умеренное повышение температуры, тахипноэ и тахикардия. Общеклиническим анализом мочи определены признаки гиперстенурии у 15,8 % и метаболического ацидоза у 28,6 % коров новотельного периода.

2. В условиях теплового стресса в составе красной крови у животных не было выявлено статистически значимых отличий, а показатели белой крови имели ряд отклонений – снижение абсолютного количества лимфоцитов и смещение показателей лейкоцитарной формулы. Оценка гематологических индексов ЛИИр и ИСЛК свидетельствовала об отсутствии воспалительного процесса и интоксикации у всех обследованных животных. По результатам ЛИ у коров сухостойного периода соотношение гуморального и клеточного звеньев иммунитета имело сбалансированный характер, а у новотельных наблюдался дисбаланс.

3. Метаболические изменения отражали дефицит субстратов основного обмена на фоне общего снижения потребления корма, которые были наиболее выражены у коров новотельного периода и позднего сухостоя – достоверное снижение показателей белкового, липидного и углеводного обмена. Содержание общего белка и глобулинов в сыворотке крови коров в первые дни после отела составило $68,36 \pm 3,48$ и $35,36 \pm 3,89$ г/л, что на 16,0 и 33,0 % ниже показателей крови крупного рогатого скота раннего сухостойного периода. Уровень глюкозы и холестерина прогрессивно снижался, достигая минимума в послеродовой период – $3,14 \pm 0,59$ и $2,18 \pm 0,55$ ммоль/л соответственно. Определена тенденция к накоплению мочевины у коров за 14 дней до отела и в первые дни после отела – $5,73 \pm 1,96$ и $7,44 \pm 1,48$ ммоль/л, к повышению активности аспартатаминотрансферазы и креатинфосфокиназы у коров новотельного периода – $111,30 \pm 48,12$ и $321,10 \pm 426,44$ Ед/л соответственно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буряков Н.П., Бурякова М.А., Алешин Д.Е. Тепловой стресс и особенности кормления молочного скота // Российский ветеринарный журнал. – 2016. – № 3. – С. 5–13.
2. Проблема теплового стресса в молочном животноводстве / Е.В. Кузьминова, М.П. Семененко, А.А. Абрамов [и др.] // Ветеринария Кубани. – 2020. – № 3. – С. 10–11.
3. Attia N.E. Physiological, hematological and biochemical alterations in heat stressed goats // Benha veterinary medical journal. – 2016. – Vol. 31, N 2. – P. 56–62.

4. Проблема репродуктивных потерь в молочном скотоводстве / М.В. Ряпосова, М.Н. Исакова, Н.Н. Семенова [и др.] // Генетика, селекция и биотехнология животных: на пути к совершенству: материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Пушкин, 2020. – С. 248–249.
5. Ковалева Г.П., Лапина М.Н., Сулыга Н.В. Влияние теплового стресса на воспроизводительную способность молочных коров и способ ее коррекции // Сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 2 (15). – С. 58–65.
6. Анализ репродуктивной функции маточного поголовья крупного рогатого скота в племенных организациях Свердловской области / О.В. Соколова, М.В. Ряпосова, О.Е. Лиходеевская [и др.] // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2017. – № 3. – С. 139–142.
7. Донник И.М., Шкуратова И.А. Молекулярно-генетические и иммунно-биохимические маркеры оценки здоровья сельскохозяйственных животных // Вестник Российской академии наук. – 2017. – Т. 87, № 4. – С. 362–366.
8. Liam Polsky, Marina A.G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare // Journal of Dairy Science. – 2017. – Vol. 100, Is. 11. – P. 8645–8657.
9. Heat stress during the transition period is associated with impaired production, reproduction, and survival in dairy cows / P.R. Menta, V.S. Machado, J.M. Piñeiro [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2022. – Vol. 105, Is. 5. – P. 4474–4489.
10. Burgos Z.R., Collier R.J. Feeding Strategies for High-Producing Dairy Cows During Periods of Elevated Heat and Humidity // Proc. 20th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference. – 2011. – P. 111–126.
11. Сперанский И.И., Самойленко Г.Е., Лобачева М.В. Общий анализ крови – все ли его возможности исчерпаны? Интегральные индексы интоксикации как критерии оценки тяжести течения эндогенной интоксикации, ее осложнений и эффективности проводимого лечения // Острые и неотложные состояния в практике врача. – 2009. – № 6 (19). – С. 3–12.
12. Diagnostic value of integral indexes of intoxication to assess the risk of complications development in gastric and intestinal diseases of calves / A.P. Poryvaeva, N.A. Vereshchak, S.V. Malkov [et al.] // E3S Web of conferences «International scientific and practical conference “Development of the Agro-Industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad”. – 2020. – P. 2015.
13. Белоусов А.И., Соколова О.В., Беспмятных Е.Н. Применение биохимического скрининга при оценке продуктивного здоровья высокопродуктивных коров в Свердловской области // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2018. – № 4. – С. 278–280.
14. Эленишлегер А.А., Соловьева В.В. Биохимический статус крови как диагностический критерий при ацидозе рубца у молочных коров до и после отела // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 8 (154). – С. 133–135.
15. Влияние природного метамодулятора на биохимические показатели и продуктивность молочных коров в условиях Юга России / Е.Н. Рудь, В.А. Гринь, Е.В. Кузьмина [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 3 (63). – С. 291–300.

REFERENCES

1. Buryakov N.P., Buryakova M.A., Aleshin D.E., *Rossiiskii veterinarnyi zhurnal*, 2016, No. 3, pp. 5–13. (In Russ.)
2. Kuz'minova E.V., Semenenko M.P., Abramov A.A., Rud' N.A., Rud' E.N., *Veterinariya Kubani*, 2020, No. 3, pp. 10–11. (In Russ.)
3. Attia N.E., Physiological, hematological and biochemical alterations in heat stressed goats, *Benha veterinary medical journal*, 2016, Vol. 31, No. 2, pp. 56–62.
4. Ryaposova M.V., Isakova M.N., Semenova N.N., Likhodeevskaya O.E., *Genetika, selektsiya i biotekhnologiya zhivotnykh: na puti k sovershenstvu* (Genetics, breeding and biotechnology of animals: on the way to perfection), Proceedings of the Scientific-Practical Conference with international participation, Pushkin, 2020, pp. 248–249. (In Russ.)

5. Kovaleva G.P., Lapina M.N., Sulyga N.V., *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2022, No. 2 (15), pp. 58–65. (In Russ.)
6. Sokolova O.V., Ryaposova M.V., Likhodeevskaya O.E., Isakova M.N., *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*, 2017, No. 3, pp. 139–142. (In Russ.)
7. Donnik I.M., Shkuratova I.A., *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk*, 2017, Vol. 87, No. 4, pp. 362–366. (In Russ.)
8. Liam Polsky, Marina A.G., Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare, *Journal of Dairy Science*, Vol. 100, Is. 11, 2017, pp. 8645–8657.
9. Menta P.R., Machado V.S., Piñeiro J.M., Thatcher W.W., Santos J.E.P., Vieira-Neto A., Heat stress during the transition period is associated with impaired production, reproduction, and survival in dairy cows, *Journal of Dairy Science*, Vol. 105, Is. 5, 2022, pp. 4474–4489.
10. Burgos Z.R., Collier R.J., Feeding Strategies for High-Producing Dairy Cows During Periods of Elevated Heat and Humidity, *Proc. 20th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference*, 2011, pp. 111–126.
11. Speranskii I.I., Samoilenko G.E., Lobacheva M.V., *Ostrye i neotlozhnye sostoyaniya v praktike vracha*, 2009, No. 6 (19), pp. 3–12. (In Russ.)
12. Poryvaeva A.P., Vereshchak N.A., Malkov S.V., Krasnoperov A.S., Pechura E.V., Diagnostic value of integral indexes of intoxication to assess the risk of complications development in gastric and intestinal diseases of calves, *E3S Web of conferences "International scientific and practical conference "Development of the Agro-Industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad"*, 2020, p. 2015.
13. Belousov A.I., Sokolova O.V., Bespamyatnykh E.N., *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*, 2018, No. 4, pp. 278–280. (In Russ.)
14. Elenshleger A.A., Solov'eva V.V., *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, No. 8 (154), pp. 133–135. (In Russ.)
15. Rud' E.N., Grin' V.A., Kuz'minova E.V., Semenenko M.P., *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2021, No. 3 (63), pp. 291–300. (In Russ.)

СОДЕРЖАНИЕ МАРГАНЦА В НЕКОТОРЫХ ОРГАНАХ И ТКАНЯХ СВИНЕЙ ПОРОДЫ ЛАНДРАС

О.А. Зайко, кандидат биологических наук

Е.И. Тарасенко, аспирант

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: zheltikovaolga@gmail.com

Ключевые слова: марганец, печень, почки, мышцы, щетина, свиньи, ландрас.

Реферат. Представлены результаты оценки уровня марганца в скелетной мускулатуре, печени, почках и щетине свиней ландрасской породы. Исследования были выполнены на клинически здоровых шестимесячных животных из крупного свиноводческого хозяйства Алтайского края. Условия содержания животных соответствовали стандартным, кормление – типовое для мясного откорма. Элементный анализ проб паренхиматозных органов и мышечной ткани выполнялся с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной и электротермической атомизацией, щетины – методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой. Обработку данных проводили с использованием Microsoft Office Excel и языка программирования R в среде анализа данных RStudio версии 1.3.1093 (2009–2020 RStudio, PBC). Установлено, что распределение во всех случаях являлось нормальным, дисперсии не гомогенны. На основании среднего значения и медианы установлен возрастающий ранжированный ряд содержания марганца в органах и тканях: скелетная мускулатура < почки < печень < щетина, в числовом выражении: 1 : 12,5 : 15,7 : 207. Показатели марганца в скелетной мускулатуре, почках, печени и щетине составили 0,13; 1,62; 2,04 и 26,91 мг/кг соответственно. Большая однородность характерна для аккумуляции микроэлемента в мышцах и почках. На основании критерия Краскала-Уоллиса установлено, что аккумуляция марганца различается в рассмотренных органах и тканях свиней ($H = 88,4$, $df = 3$, $p < 0,0001$). Парное сравнение показало значимые отличия для всех пар, кроме пары «печень – почки». Наиболее близкие результаты на основании кластерного анализа характерны для печени и почек, щетина представляет собой отдельный противоположный кластер, отличающийся значительным уровнем аккумуляции марганца. Полученные результаты могут предварительно служить соответствующей физиологической нормой концентрации марганца в отдельных органах, тканях и производных кожи свиней ландрасской породы в условиях Западной Сибири.

MANGANESE CONTENT IN SOME ORGANS AND TISSUES OF LANDRACE PIGS

O.A. Zaiko, Ph.D. in Biological Sciences

E.I. Tarasenko, Postgraduate Student

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: zheltikovaolga@gmail.com

Keywords: manganese, liver, kidneys, muscles, bristles, pigs, landrace.

Abstract. In the article, the authors presented the results of assessing the level of manganese in the skeletal muscles, liver, kidneys, and bristles of Landrace pigs. The studies were performed on clinically healthy six-month-old animals from a large pig farm in the Altai Territory. The conditions of keeping the animals corresponded to the standard ones, the feeding was typical for meat fattening. Elemental analysis of samples of parenchymal organs and muscle tissue was performed using atomic absorption spectrometry with flame and electrothermal atomization, bristles - by atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma. Data processing was performed using Microsoft Office Excel and the R programming language in the data analysis environment RStudio version 1.3.1093 (2009–2020 RStudio, PBC). The authors found that the distribution in all cases was normal, and the dispersions are not homogeneous. Based on the average value and median, an increasing ranked series of manganese content in organs and tissues were established: skeletal muscles < kidneys < liver < bristles, in numerical terms: 1: 12.5: 15.7: 207. Manganese levels in skeletal muscles, kidneys, liver, and bristles were 0.13; 1.62; 2.04, and 26.91 mg/kg, respectively. Greater homogeneity is characteristic of the accumulation of microelements in the muscles and kidneys. Based on the Kruskal-Wallis test, it was established that the accumulation of manganese differs in the examined organs and tissues of pigs ($H = 88.4$, $df = 3$, $p < 0.0001$). Pairwise comparison showed significant differences for all pairs, except for the liver-kidney pair. Based on the cluster analysis, the closest results are

typical for the liver and kidneys; the bristle is a separate opposite cluster, characterized by a significant level of manganese accumulation. The results obtained can serve as a preliminary corresponding physiological norm for the concentration of manganese in individual organs, tissues, and skin derivatives of Landrace pigs under the conditions of Western Siberia.

Продуктивность сельскохозяйственных животных обусловлена генетическими и негенетическими составляющими [1–3]. Влияние химических элементов на рост, развитие, воспроизводство, здоровье человека и животных является общепризнанным и обсуждается в научном сообществе в течение длительного времени [4–6]. Несмотря на масштабность данной проблематики, некоторые авторы придерживаются такой позиции, что урон общественному здоровью, который может быть вызван ненормальным влиянием химических элементов или нарушением их баланса в организме, во много раз занижен [7]. Актуальны тематики, посвященные персональному минеральному статусу и здоровью животных, влиянию на человека, использующего продукты животного происхождения, так как в нашей стране регламентируется только уровень отдельных химических элементов в сырье и продуктах питания. В последнее время вопросы экологичности и обеспеченности полезной и безопасной пищей выходят на первый план [8–10].

Марганец является кофактором отдельных митохондриальных ферментов и ферментов аппарата Гольджи: марганецзависимой супероксиддисмутазы, пируваткарбоксилазы, аргиназы, глутаминсинтетазы, гликозилтрансферазы и некоторых других. Микроэлемент является составляющей иммунной и антиоксидантной защиты организма, участвует в глюконеогенезе, цикле мочевины, синтезе протеогликанов [11, 12]. Печень, почки, поджелудочная железа, головной мозг и костная ткань как органы и ткани, богатые митохондриями, имеют относительно высокие уровни марганца у человека и животных [13, 14].

Главным источником марганца для человека являются продукты питания. Это один из наиболее безопасных химических элементов для млекопитающих, что обусловлено особенностями всасывания в кишечнике и выведения с желчью [11, 15]. Что касается кормления сельскохозяйственных животных, то считается, что большинство рационов свиней полностью обеспечивают оценочные требо-

вания в марганце за счет основных компонентов [16].

Комплексное исследование интерьера сельскохозяйственных животных необходимо проводить с целью экологического мониторинга и оценки здоровья животных, что сказывается на качестве сельхозпродукции [17–19]. Но из-за отсутствия референсных интервалов, касающихся гематологических, иммуно-биохимических параметров крови, концентрации химических элементов в органах и тканях и характеризующих отдельные породы животных в определенных зонах разведения, интерпретация результатов затруднена [20–23].

Целью исследования было установление уровней аккумуляции марганца в скелетной мускулатуре, печени, почках и волосяном покрове свиней породы ландрас.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование выполнено на группе клинически здоровых, вакцинированных в соответствии с ветеринарной документацией свиней ландрасской породы, выращенных в Алтайском крае. Животные содержались в типовых условиях, соответствующих виду и мясному типу откорма, в соответствии с ГОСТ 28839-2017, были обеспечены наблюдением ветеринарных специалистов. Кормление осуществлялось типовым полнорационным комбикормом с учетом живой массы животных. Балансирование рациона было выполнено с учетом питательной, минеральной и витаминной составляющей. Количество марганца на разных этапах откорма составляло от 74 до 148 мг на одну голову в сутки. Выполнялся контроль качества комбикормов в соответствии с номенклатурой гарантированных и дополнительных показателей по ГОСТ Р 51550-2000 и ГОСТ Р 51850-2001. Поение животных проводилось водой второго класса, полученной из локального хозяйственно-питьевого источника водоснабжения.

В районе разведения свиней выполнялся многоступенчатый мониторинг воды, почвы и корма на предмет элементного состава, ко-

торый находился в рамках допустимых норм [24, 25].

Убой свиней проводился согласно действующей технологической инструкции, требования к процессу соответствовали Техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» ТР ТС 034/2013. Предметом исследования были такие паренхиматозные органы, как печень и почки, также уровень марганца определялся в скелетной мускулатуре и щетине свиней. Общее число проб – 103.

Химический состав паренхиматозных органов и мышечной ткани выполнялся с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной и электротермической атомизацией на аппарате Shimadzu AA-7000. Элементный анализ производного кожи свиней выполнен посредством атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре iCAP-6500. Пробоподготовка велась по соответствующим ГОСТам.

С полученными данными работали при помощи программы Microsoft Office Excel и языка программирования R в среде анализа данных RStudio версии 1.3.1093 (2009–2020 RStudio, PBC). Были установлены такие показатели, как среднее арифметическое, ошибка среднего арифметического, медиана, среднеквадратическое отклонение, первый и третий квартили, интерквартильный размах, максимальное и минимальное значение содержания марганца, отношение крайних вариантов как частное от деления максимального значения на минимальное. Характер распределения определяли на основании ряда критериев, в том числе Шапиро-Уилка и Андерсона-Дарлинга. Гомогенность дисперсий оценивали при помощи критерия Бартлетта.

Для оценки отличий между органами по концентрации марганца применялся непараметрический критерий Краскела-Уоллиса. С целью выявления различий между отдельными группами органов и тканей попарно использовали апостериорный тест Данна с поправкой Холма. Различия принимались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Кластерный анализ для объединения органов и тканей со сходными характеристиками аккумуляции выполнялся методом Варда, метрикой расстояний было манхэттенское

расстояние, в результате формировалась дендрограмма.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки нормальности распределения изучаемого признака был выполнен ряд тестов. Во всех четырех случаях, характеризующих содержание марганца в печени, почках, скелетной мускулатуре и щетине свиней ландрасской породы, была подтверждена гипотеза о том, что распределение являлось нормальным. Так, в тесте Шапиро-Уилка определено, что W-критерий равен 0,98 ($p > 0,05$) для уровня марганца в рассматриваемых паренхиматозных органах и мышцах и 0,91 ($p > 0,05$) – для щетины. Критерий Андерсона-Дарлинга в случае с определением концентрации микроэлемента в печени и скелетной мускулатуре, где n удовлетворяло условию больше или равно 25, подтвердил нормальность распределения. Проверка гомоскедастичности дисперсий показала их негомогенность ($p < 0,05$).

Исследование элементного статуса различных видов и пород сельскохозяйственных животных выполняется постоянно и важно, в том числе, в рамках мониторинга продукции сельскохозяйственного производства [26–28]. Отсутствуют упорядоченные знания этого плана, касающиеся таких индивидуальных характеристик, как пол, порода, возраст, физиологический статус, биогеохимическая провинция [29–31].

Данные по концентрации марганца в органах и тканях свиней ландрасской породы представлены в табл. 1. Максимальный уровень микроэлемента зафиксирован в щетине животных, здесь его концентрация существенно выше, чем в оставшихся исследуемых структурах. Между паренхиматозными органами в наибольшем количестве металл депонируется в печени, а наименьший уровень марганца характерен для мышечной ткани. Можно сформировать ранжированный ряд, расположив изученные органы и ткани начиная с мышц, приняв концентрацию металла в них за единицу: 1 : 12,5 : 15,7 : 207, что соответствует следующему: скелетная мускулатура < почки < печень < щетина. Ранжированный ряд по медиане выглядит аналогичным образом, так как оба показателя в случае нормального распределения близки по значению друг к другу.

Таблица 1

Содержание марганца в органах и тканях свиней породы ландрас, мг/кг
Manganese content in organs and tissues of Landrace pigs, mg/kg

Органы и ткани	n	$\bar{x} \pm Sx$	Me	lim	Отношение крайних вариант
Печень	28	$2,04 \pm 0,09$	2,00	0,98–3,10	1 : 3,2
Почки	24	$1,62 \pm 0,06$	1,65	1,03–2,14	1 : 2,1
Скелетная мускулатура	30	$0,13 \pm 0,005$	0,13	0,07–0,18	1 : 2,6
Щетина	21	$26,91 \pm 3,90$	26,00	3,60–55,00	1 : 15,3

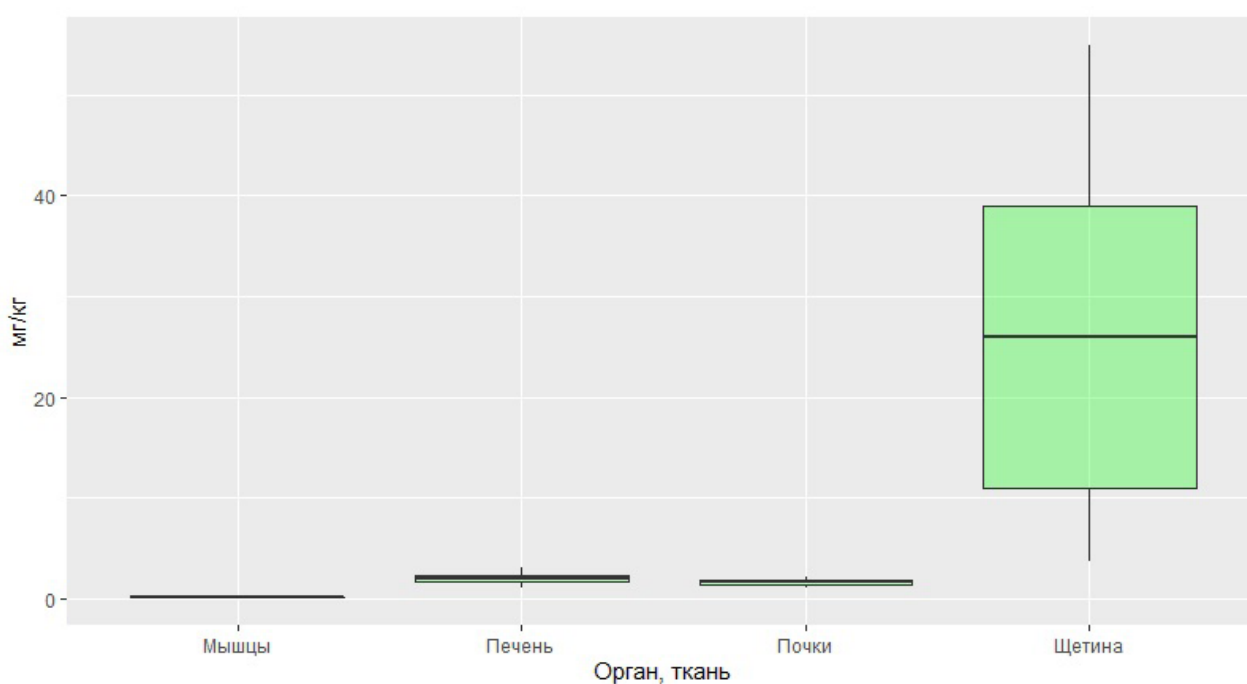


Рис. 1. Размах уровня марганца в органах и тканях свиней породы ландрас
Fig. 1. The range of manganese levels in the organs and tissues of Landrace pigs

Некоторые показатели изменчивости, характеризующие накопление марганца в выбранных органах и тканях, приведены в табл. 2. Наименьший интерквартильный размах ха-

рактерен для скелетной мускулатуры и почек, что подтверждает однородность аккумуляции микроэлемента в этих структурах.

Таблица 2

Показатели изменчивости марганца в органах и тканях свиней породы ландрас
Indicators of manganese variability in organs and tissues of Landrace pigs

Органы и ткани	n	σ	Q1	Q3	IQR
Печень	28	0,50	1,70	2,40	0,70
Почки	24	0,29	1,42	1,79	0,37
Скелетная мускулатура	30	0,03	0,11	0,14	0,03
Щетина	21	17,86	11,00	39,00	28,00

Таблица 3

Попарное сравнение уровня марганца в органах и тканях свиней породы ландрас
Pairwise comparison of manganese levels in organs and tissues of Landrace pigs

Органы; ткань	Мышцы	Печень	Почки
Печень	-6,05 <0,0001*	-	-
Почки	-4,09 0,0001*	1,69 0,0455	-
Щетина	-9,12 <0,0001*	-3,48 0,0005*	-4,94 <0,0001*

* Р в значимом парном сравнении.

Непараметрический критерий Краскела-Уоллиса показал, что аккумуляция марганца значимо различается в рассмотренных органах и тканях свиней ландрасской породы ($N = 88,4$, $df = 3$, $p < 0,0001$). Результаты попарного сравнения представлены в табл. 3. Значимые отличия характерны для всех пар, кроме пары «печень–почки».

Сходство органов и тканей свиней по возможности аккумуляции марганца представлено на дендрограмме (рис. 2). Выделяются два

ведущих кластера. Первый кластер представлен только щетиной и значительно отличается от второго по уровню марганца. В последний объединены соответственно мышцы, почки и печень, здесь микроэлемент накапливается менее интенсивно. Второй кластер может быть разбит на два, так как более похожими особенностями отличается накопление марганца в печени и почках, что было подтверждено ранее.

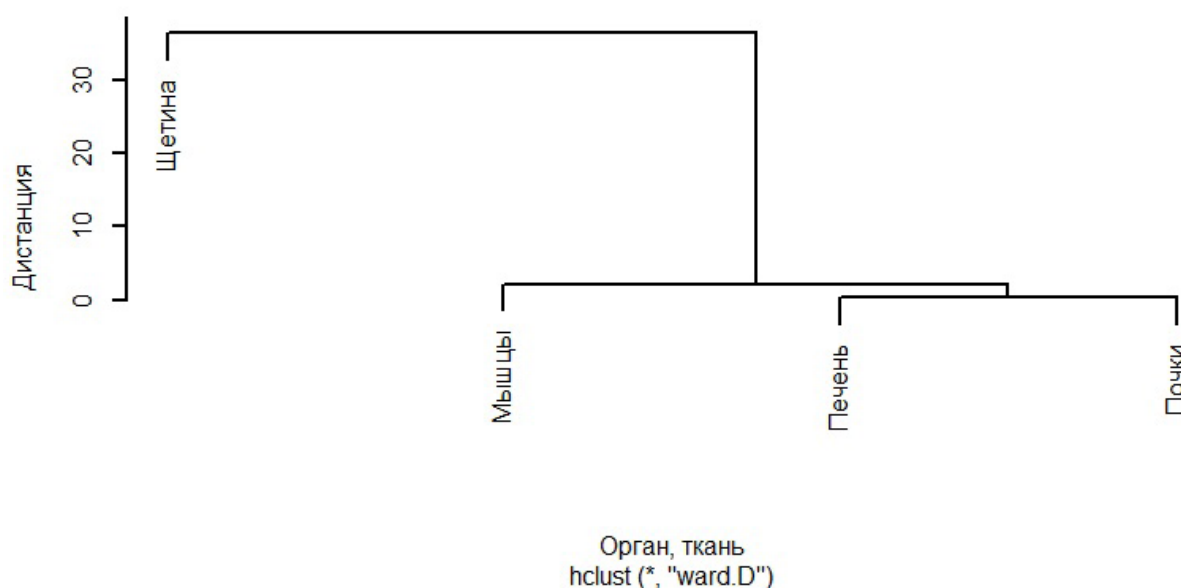


Рис. 2. Кластеризация органов и тканей в соответствии с содержанием марганца
Fig. 2. Clustering of organs and tissues according to the manganese content

Нормы содержания тех или иных химических элементов в организме животных фактически не установлены, особенно с учетом таких понятий, как возраст, порода, район разведения и других индивидуальных характеристик, в литературе представлена разрозненная информация.

Есть данные о содержании марганца в организме свиней: в печени – 2,30–4,00 мг/кг, в почках – 1,30–2,00, в щетине – 0,7–1,6 мг/кг [32]. В случае с паренхиматозными органами значения согласуются с полученными нами, в варианте со щетиной медиана, определенная в нашей работе, выше в 16,3 раза, чем представленная верхняя граница. В скелетной му-

скулатуре гибридов крупная белая (Польша) х ландрас (Польша) концентрация марганца составила 2,8 мг/кг, в печени – 24,5, в почках – 15,2 мг/кг, при этом отличия между органами и тканями также значимы ($P < 0,05$) [33]. Уровень интересующего микроэлемента в другом исследовании в мясе свиней ландрасской породы составил 0,24 мг/кг, а в печени – 3,9 мг/кг [34].

Таким образом, есть необходимость в алгоритмизации данных относительно химического статуса, в том числе сельскохозяйственных животных, установлении нормативных показателей с учетом индивидуальных характеристик, указанных ранее.

ВЫВОДЫ

1. Исследован фенотип клинически здоровых свиней ландрасской породы по содержанию марганца в некоторых органах и тканях, медианы составили в печени 2,00 мг/кг, в

почках – 1,65, скелетной мускулатуре – 0,13, в щетине – 26,00 мг/кг. Эти значения можно предварительно использовать как физиологическую норму для оценки интерьера животных на различных территориях Западной Сибири в ветеринарных и экологических работах.

2. Установлены различия в аккумуляции марганца между органами и тканями ($H = 88,4$, $df = 3$, $p < 0,0001$) и между парами: «печень – скелетная мускулатура» ($p < 0,0001$), «почки – скелетная мускулатура» ($p = 0,0001$), «щетина – скелетная мускулатура» ($p < 0,0001$), «щетина – печень» ($p = 0,0005$), «щетина – почки» ($p < 0,0001$), что подтверждает выборочную аккумуляцию химического элемента в различных структурах организма.

3. Выделены два ведущих кластера сходства органов и тканей свиней по возможности аккумуляции марганца: щетина и мышцы, почки, печень, для последнего характерно менее интенсивное накопление микроэлемента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Проблемы селекции сельскохозяйственных животных* / Б.Л. Панов, В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1997. – 283 с.
2. *Полиморфизм белков сыворотки крови свиней сибирской северной породы* / Е.В. Камалдинов, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов [и др.] // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 4. – С. 49–51.
3. *Зайко О.А., Коновалова Т.В.* Характеристика генофонда линий породы свиней СМ-1 по аккумуляции свинца в органах и тканях // Свиноводство. – 2013. – № 8. – С. 11–12.
4. *Correlation of the iron level in the bristles of Kemerovo pigs with macro- and essential microelements* / A.V. Nazarenko, O.A. Zaiko, O.S. Korotkevich [et al.] // FSRAABA 2021: Fundamental scientific research and their applied aspects in biotechnology and agriculture, International Scientific and Practical Conference, France. – Tyumen, 2021. – 06032.
5. *Correlation of phosphorus level with macro and microelements in the bristles of Landrace pigs* / O.A. Zaiko, A.V. Nazarenko, M.V. Strizhkova [et al.] // FSRAABA 2021: Fundamental scientific research and their applied aspects in biotechnology and agriculture, International Scientific and Practical Conference, France. – Tyumen, 2021. – 06031.
6. *Biofortification of feedstuffs with microelements in animal nutrition* / J. Novoselec, Z. Klir, M. Domacinovic [et al.] // Poljoprivreda. – 2018. – Vol. 24, N 1. – P. 25–34.
7. *Relevance of essential trace elements in nutrition and drinking water for human health and autoimmune disease risk* / D. Cannas, E. Loi, M. Serra [et al.] // Nutrients. – 2020. – Vol. 12, N 7. – 2074.
8. *Зайко О.А.* Изменчивость и корреляция химических элементов в органах и тканях свиней скороспелой мясной породы СМ-1: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2014. – 183 с.
9. *Стрижкова М.В.* Содержание, изменчивость и корреляция макроэлементов в органах и тканях крупного рогатого скота черно-пестрой породы: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2018. – 126 с.
10. *Нарожных К.Н.* Изменчивость, корреляции и уровень тяжелых металлов в органах и тканях герефордского скота в условиях Западной Сибири: дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2019. – 163 с.

11. *Spears J.W.* Boron, chromium, manganese, and nickel in agricultural animal production // *Biological Trace Element Research*. – 2019. – Vol. 188, N. 1. – P. 35–44.
12. *Manganese* homeostasis at the host-pathogen interface and in the host immune system / Q. Wu, Q.D. Mu, Z.D. Xia [et al.] // *Seminars in Cell & Developmental Biology*. – 2021. – Vol. 115, N SI. – P. 45–53.
13. *The application* of PBPK models in estimating human brain tissue manganese concentrations / S.P. Ramoju, D.R. Mattison, B. Milton [et al.] // *Neurotoxicology*. – 2017. – Vol. 58. – P. 226–237.
14. *Essentiality* of manganese for bone health: an overview and update / M. Rondanelli, M.A. Faliva, G. Peroni [et al.] // *Natural Product Communications*. – 2021. – Vol. 16, N 5. – P. 1–8.
15. *The impact* of manganese on neurotransmitter systems / A.T.G. Soares, A.C. Silva, A.A. Tinkov [et al.] // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2020. – Vol. 61. – P. 126554.
16. *Determining* the effects of manganese source and level on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs / H.R. Kerkaert, J.C. Woodworth, J.M. DeRouchey [et al.] // *Translational Animal Science*. – 2021. – Vol. 5, N 2. – P. 1–9.
17. *Biochemical*, hematological and mineral parameters in pigs of two breeds reared in large industrial complexes of Western Siberia / O.I. Sebezhko, O.S. Korotkevich, T.V. Konovalova [et al.] // *3rd International Symposium for Agriculture and Food*. – Ohrid, 2017. – P. 100.
18. *Гормональный* и метаболический статус бычков голштинской породы в эколого-климатических условиях Кемеровской области / Л.В. Осадчук, О.И. Себежко, Н.Г. Шишин [и др.] // *Вестник НГАУ*. – 2017. – № 2. – С. 52–61.
19. *Influence* of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva / O.I. Sebezhko, V.L. Petukhov, N.I. Shishin [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9, N 9. – P. 1530–1535.
20. *Нарожных К.Н., Стрижкова М.В., Коновалова Т.В.* Межпородные различия по уровню макро- и микроэлементов в мышечной ткани крупного рогатого скота Западной Сибири // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 2–10. – С. 2158–2163.
21. *Межвидовые* различия по концентрации тяжелых металлов в производных кожи животных / К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, И.С. Миллер [и др.] // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 2–26. – С. 5815–5819.
22. *Heavy metals* in pig muscles / O.A. Zaiko, V.L. Petukhov, T.V. Konovalova [et al.] // *17th International Conference of Heavy Metals in the Environment*. – China, 2014. – P. 76.
23. *Зайко О.А., Короткевич О.С., Петухов В.Л.* Особенности аккумуляции макро- и микроэлементов в миокарде свиней скороспелой мясной породы // *Главный зоотехник*. – 2013. – № 6. – С. 35–40.
24. *Сысо А.И.* Тяжёлые металлы в окружающей среде как угроза растениям, животным и человеку // *Агрохимия в XXI веке: материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти академика РАН В.Г. Минеева*. – М., 2018. – С. 30–33.
25. *Direct* determination of cooper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes / T.V. Skiba, A.R. Tsygankova, N.S. Borisova [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9, N 6. – P. 958–964.
26. *The impact* of the stud rams of Romanov breed genotype on the accumulation of cadmium in the myocardium of their offspring / T.V. Konovalova, V.A. Andreeva, R.T. Saurbaeva [et al.] // *Trace Elements and Electrolytes*. – 2021. – Vol. 38, N 3. – P. 145.
27. *Manganese* content in muscles of sons of different Holstein bulls reared in Western Siberia / K.N. Narozhnykh, O.I. Sebezhko, T.V. Konovalova [et al.] // *Trace Elements and Electrolytes*. – 2021. – Vol. 38, N 3. – P. 149.
28. *Lead* content in bristle in aboriginal pigs of Siberia / A.V. Nazarenko, O.A. Zaiko, T.V. Konovalova [et al.] // *Trace Elements and Electrolytes*. – 2021. – Vol. 38, N 3. – P. 150.
29. *Особенности* аккумуляции меди в щетине свиней различных пород / О.А. Зайко, А.В. Назаренко, И.А. Королева [и др.] // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2021. – Т. 51, № 1. – С. 90–98.

30. *Dynamics of the mineral composition and deposition rates in the empty body of entire males, castrates and female pigs* / I. Ruiz-Ascacibar, P. Stoll, G. Bee [et al.] // *Animal*. – 2019. – Vol. 13, N 5. – P. 950–958.
31. *The content of selected minerals determined in the liver, kidney and meat of pigs* / K. Stasiak, A. Roslewska, M. Stanek [et al.] // *Journal of Elementology*. – 2017. – Vol. 22, N 4. – P. 1475–1483.
32. *Puls R. Mineral levels in animal health: diagnostic data*. – Canada: Sherpa International, 1988. – 240 p.
33. *Babicz M., Kasprzyk A., Kropiwniec-Domanska K. Influence of the sex and type of tissue on the basic chemical composition and the content of minerals in the sirloin and offal of fattener pigs* // *Canadian Journal of Animal Science*. – 2019. – Vol. 99, N 2. – P. 343–348.
34. *Determination of mineral contents of semimembranosus muscle and liver from pure and cross-bred pigs in Vojvodina (northern Serbia)* / V.M. Tomovic, L.S. Petrovic, M.S. Tomovic [et al.] // *Food Chemistry*. – 2011. – Vol. 124, N 1. – P. 342–348.

REFERENCES

1. Panov B.L., Petukhov V.L., Ernst L.K. [i dr.], *Problemy seleksii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Problems of breeding farm animals), Novosibirsk: Nauka, 1997, 283 p.
2. Kamaldinov E.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Zheltikov A.I., Fridcher A.A., *Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk*, 2010, No. 4, pp. 49–51. (In Russ.)
3. Zaiko O.A., Konovalova T.V., *Svinovodstvo*, 2013, No. 8, pp. 11–12. (In Russ.)
4. Nazarenko A.V., Zaiko O.A., Korotkevich O.S. [et al.], Correlation of the iron level in the bristles of Kemerovo pigs with macro- and essential microelements, *FSRAABA 2021: Fundamental scientific research and their applied aspects in biotechnology and agriculture, International Scientific and Practical Conference*, France, Tyumen, 2021, 06032.
5. Zaiko O.A., Nazarenko A.V., Strizhkova M.V. [et al.], Correlation of phosphorus level with macro and microelements in the bristles of Landrace pigs, *FSRAABA 2021: Fundamental scientific research and their applied aspects in biotechnology and agriculture, International Scientific and Practical Conference*, France, Tyumen, 2021, 06031.
6. Novoselec J., Klir Z., Domacinovic M. [et al.], Biofortification of feedstuffs with microelements in animal nutrition, *Poljoprivreda*, 2018, Vol. 24, No. 1, pp. 25–34.
7. Cannas D., Loi E., Serra M. [et al.], Relevance of essential trace elements in nutrition and drinking water for human health and autoimmune disease risk, *Nutrients*, 2020, Vol. 12, No. 7, 2074.
8. Zajko O.A., *Izmenchivost' i korrelyacii ximicheskix e'lementov v organax i tkanyax svinej skorospeloy myasnoj porody` SM-1* (Variability and correlations of chemical elements in organs and tissues of pigs of early maturing meat breed SM-1), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2014, 183 p.
9. Strizhkova M.V., *Soderzhanie, izmenchivost' i korrelyatsiya makroelementov v organakh i tkanyakh krupnogo rogatogo skota cherno-pestroi porody* (Content, variability and correlation of macronutrients in organs and tissues of Black-and-white cattle), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2018, 126 p.
10. Narozhny`x K.N., *Izmenchivost', korrelyatsiya i uroven` tyazhely`x metallov v organax i tkanyax gereforskogo skota v usloviyax Zapadnoj Sibiri* (Variability, correlation and level of heavy metals in organs and tissues of Hereford cattle in the conditions of Western Siberia), Candidate's thesis, Novosibirsk, 2019, 163 p.
11. Spears J.W., Boron, chromium, manganese, and nickel in agricultural animal production, *Biological Trace Element Research*, 2019, Vol. 188, No. 1, pp. 35–44.
12. Wu Q., Mu Q.D., Xia Z.D. [et al.], Manganese homeostasis at the host-pathogen interface and in the host immune system, *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 2021, Vol. 115, No. SI, pp. 45–53.
13. Ramoju S.P., Mattison D.R., Milton B. [et al.], The application of PBPK models in estimating human brain tissue manganese concentrations, *Neurotoxicology*, 2017, Vol. 58, pp. 226–237.
14. Rondanelli M., Faliva M.A., Peroni G. [et al.], Essentiality of manganese for bone health: an overview and update, *Natural Product Communications*, 2021, Vol. 16, No. 5, pp. 1–8.

15. Soares A.T.G., Silva A.C., Tinkov A.A. [et al.], The impact of manganese on neurotransmitter systems, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2020, Vol. 61, 126554.
16. Kerkaert H.R., Woodworth J.C., DeRouchey J.M. [et al.], Determining the effects of manganese source and level on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs, *Translational Animal Science*, 2021, Vol. 5, No. 2, pp. 1–9.
17. Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V. [et al.], Biochemical, hematological and mineral parameters in pigs of two breeds reared in large industrial complexes of Western Siberia, *3rd International Symposium for Agriculture and Food*, Ohrid, 2017, pp. 100.
18. Osadchuk L.V., Sebezhko O.I., Shishin N.G., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Petukhov V.L., Fikhman E.V., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 2, pp. 52–61. (In Russ.)
19. Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Shishin N.I. [et al.], Influence of anthropogenic pollution on inter- or parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 9, pp. 1530–1535.
20. Narozhnykh K.N., Strizhkova M.V., Konovalova T.V., *Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, No. 2–10, pp. 2158–2163. (In Russ.)
21. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Miller I.S., Strizhkova M.V., Zaiko O.A., Nazarenko A.V., *Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, No. 2–26, pp. 5815–5819. (In Russ.)
22. Zaiko O.A., Petukhov V.L., Konovalova T.V. [et al.], Heavy metals in pig muscles, *17th International Conference of Heavy Metals in the Environment*, China, 2014, pp. 76.
23. Zaiko O.A., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., *Glavnyi zootekhnika*, 2013, No. 6, pp. 35–40. (In Russ.)
24. Syso A.I., *Agrokimiya v XXI veke* (Agrochemistry in the XXI century), Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with international participation dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Sciences V.G. Mineev, Moscow, 2018, pp. 30–33. (In Russ.)
25. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S. [et al.], Direct determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 6, pp. 958–964.
26. Konovalova T.V., Andreeva V.A., Saurbaeva R.T. [et al.], The impact of the stud rams of Romanov breed genotype on the accumulation of cadmium in the myocardium of their offspring, *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, Vol. 38, No. 3, pp. 145.
27. Narozhnykh K.N., Sebezhko O.I., Konovalova T.V. [et al.], Manganese content in muscles of sons of different Holstein bulls reared in Western Siberia, *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, Vol. 38, No. 3, pp. 149.
28. Nazarenko A.V., Zaiko O.A., Konovalova T.V. [et al.], Lead content in bristle in aboriginal pigs of Siberia, *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, Vol. 38, No. 3, pp. 150.
29. Zaiko O.A., Nazarenko A.V., Koroleva I.A., Romanenko M.A., Mager S.N., *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2021, T. 51, No. 1, pp. 90–98. (In Russ.)
30. Ruiz-Ascacibar I., Stoll P., Bee G. [et al.], Dynamics of the mineral composition and deposition rates in the empty body of entire males, castrates and female pigs, *Animal*, 2019, Vol. 13, No. 5, pp. 950–958.
31. Stasiak K., Roslewska A., Stanek M. [et al.], The content of selected minerals determined in the liver, kidney and meat of pigs, *Journal of Elementology*, 2017, Vol. 22, No. 4, pp. 1475–1483.
32. Puls R., Mineral levels in animal health: diagnostic data, Canada, Sherpa International, 1988, 240 p.
33. Babicz M., Kasprzyk A., Kropiwniec-Domanska K., Influence of the sex and type of tissue on the basic chemical composition and the content of minerals in the sirloin and offal of fatter pigs, *Canadian Journal of Animal Science*, 2019, Vol. 99, No. 2, pp. 343–348.
34. Tomovic V.M., Petrovic L.S., Tomovic M.S. [et al.], Determination of mineral contents of semi-membranosus muscle and liver from pure and crossbred pigs in Vojvodina (northern Serbia), *Food Chemistry*, 2011, Vol. 124, No. 1, pp. 342–348.

DOI:10.31677/2072-6724-2022-64-3-111-117

УДК 579.62

ЭТИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛЕПТОСПИР, ЦИРКУЛИРУЮЩИХ В ПОПУЛЯЦИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ В ЯКУТИИ**А.А. Никитина**, соискатель**Л.П. Корякина**, кандидат ветеринарных наук, доцент*Арктический государственный агротехнологический университет, Якутск, Россия***E-mail:** koryinalp_2017@mail.ru

Ключевые слова: лептоспироз, природные очаги, крупный рогатый скот, якутские лошади, этиологическая структура, серогруппа, природные зоны.

Реферат. Для успешной профилактики и диагностики природно-очаговых заболеваний, в частности лептоспироза, необходимо знание этиологической структуры заболевания в каждом регионе страны, поражающего тот или иной вид животных. В данной работе представлены материалы исследований по особенностям распространения и этиологической структуре патогенных лептоспир, циркулирующих в популяциях сельскохозяйственных животных Якутии. В настоящее время на территории Якутии зарегистрировано всего 8 неблагоприятных пунктов по лептоспирозу животных: крупного рогатого скота – 2, лошадей – 6. Проведенный сравнительный анализ этиологической структуры лептоспироза сельскохозяйственных животных (крупный рогатый скот, лошади) свидетельствует о разнообразии циркулирующих на территории республики серологических групп лептоспир. Так, у крупного рогатого скота регистрируются 7 серогрупп, среди которых доминируют серогруппы лептоспир *Icterohaemorrhagiae* (36,0%) и *Grippotyphosa* (27,1%). В Центральной зоне, где сосредоточено около 63% всего поголовья в регионе, инфицированность животных составляет в среднем 3,2%. Уровень инфицированности скота по районам зоны колеблется от 0,14 до 8,58%. Наиболее высокая инфицированность животных отмечается в Горном (8,58%), Намском (2,26%) и Якутском (1,35%) районах. В этой зоне регистрируется циркуляция 6 серогрупп лептоспир: *Grippotyphosa* (30,8%), *Icterohaemorrhagiae* (29,0%) и *Tarassovi* (27,1%), в меньшей степени *Canicola* (7,5%), *Pomona* (3,7%) и *Sejroe* (1,9%). Следует отметить, что в Центральной зоне у крупного рогатого скота не обнаружены лептоспиры *Hebdomadis*. У якутских лошадей выявлено 6 серогрупп, среди которых доминируют серогруппы лептоспир *Hebdomadis* (31,5%) и *Tarassovi* (28,7%). В Центральной зоне, где сосредоточено основное поголовье лошадей в регионе (61,1%), инфицированность животных составляет в среднем 3,2%. Уровень инфицированности лошадей по районам зоны колеблется от 0,15 до 8,62%. Наиболее высокая инфицированность лошадей регистрируется в коневодческих хозяйствах Горного (8,62%), Кобяйского (8,59%), Таттинского (6,17%) и Чурапчинского (5,74%) районов. Следует отметить, что у лошадей не встречается *L. pomona*.

ETIOLOGICAL STRUCTURE OF LEPTOSPIROSIS CIRCULATED IN POPULATIONS OF FARM ANIMALS IN YAKUTIA**A.A. Nikitina**, Co-applicant**L.P. Koryakina**, Ph.D. in Veterinary Sciences, Associate Professor*Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia***E-mail:** koryinalp_2017@mail.ru

Keywords: leptospirosis, natural foci, cattle, Yakut horses, etiological structure, serogroup, natural areas.

Abstract. It is necessary to know the etiological structure of diseases in each region of the country that affects a particular animal species for successful prevention and diagnosis of natural focal diseases, in particular leptospirosis. In this paper, the authors presented research materials on the distribution and etiological structure of pathogenic leptospirosis circulating in the populations of farm animals in Yakutia. Currently, 8 unfavorable points for animal leptospirosis have been registered in Yakutia: two cattle and six horses. A comparative analysis of the etiological structure of leptospirosis in agricultural animals (cattle, horses) testifies to the diversity of leptospira serological groups circulating in the republic. Thus 7 serogroups are registered in cattle, among which the leptospira serogroups *Icterohaemorrhagiae* (36.0%) and *Grippotyphosa* (27.1%) dominate. Infection of animals averages 3.2%, in the central zone, where about 63% of the total livestock in the region is concentrated, the level of infection of livestock in the districts of the zone ranges from 0.14 to 8.58%. The highest infection rate of ani-

mals is observed in Gorny (8.58%), Namsky (2.26%), and Yakutsk (1.35%) regions. In this zone, circulation of 6 leptospira serogroups is recorded: Grippotyphosa (30.8%), Icterohaemorrhagiae (29.0%) and Tarassovi (27.1%), to a lesser extent Canicola (7.5%), Pomona (3.7%) and Sejroe (1.9%). It should be noted that no *Leptospira Hebdomadis* were found in cattle in the Central Zone. In Yakut horses, 6 serogroups were identified, among which the leptospira serogroups Hebdomadis (31.5%) and Tarassovi (28.7%) dominate. In the Central zone, where the main number of horses in the region (61.1%) is concentrated the infection rate of animals is an average of 3.2%. The level of infection of horses in the districts of the zone ranges from 0.15 to 8.62%. The highest infection rate of horses is recorded in the horse breeding farms of Gorny (8.62%), Kobyaisky (8.59%), Tattinsky (6.17%), and Churapchinsky (5.74%) districts. It should be noted that *L. Pomona* does not occur in horses.

Лептоспироз – природно-очаговое заболевание с вовлечением населения при возникновении эпизоотий у животных [1]. Наибольшее эпидемическое проявление лептоспирозов отмечается в странах с тропическим и субтропическим климатом, где ежегодно регистрируют вспышки болезни [2].

Возбудителями лептоспирозов являются патогенные лептоспиры, встречающиеся на всех континентах земного шара, кроме Антарктиды. Они паразитируют в организме различных сельскохозяйственных, домашних и диких животных [3]. Основными носителями данного инфекционного агента являются мелкие влаголюбивые грызуны и насекомоядные [4]. Выявлена положительная корреляция динамики заболеваемости населения с численностью мышевидных грызунов [5].

Распространение заболевания связывают с широким спектром резервуарных хозяев патогенных лептоспир и восприимчивых к ним видов животных [2]. В естественной среде обитания животные инфицируются лептоспирами через корма и воду, загрязненные выделениями больных зверьков или трансмиссивно через блох, клещей, комаров и других членистоногих [6, 7].

По данным Россельхознадзора, среднегодовые показатели заболеваемости животных (на 100 тыс. голов) в России составляют за 2004–2014 гг. среди свиней 64 ± 40 случаев, домашнего скота – 674 ± 200 , собак – около 2000 случаев в год. Летальность при лептоспирозе животных сводится практически к нулевым показателям [2].

В Российской Федерации лептоспирозы относятся к числу широко распространенных природно-очаговых инфекций человека [8]. Циркуляция возбудителей лептоспирозов выявлена в 55 субъектах РФ [9].

В Дальневосточном федеральном округе преобладают антропоургические очаги, и среди сельскохозяйственных и домашних животных протекают интенсивные эпизоотии лептоспирозов серогрупп *Icterohaemorrhagiae*, *Canicola* и *Pomona* [10]. На территории Сибири и Дальнего Востока лептоспироз

впервые был зарегистрирован в 1937 г. в Приморском крае. Массовый характер заболеваемости лептоспирозом в середине XX в. был связан с интенсивным развитием сельского хозяйства и животноводства. В начале 1990-х гг. подъем уровня заболеваемости лептоспирозом вызван доминированием в этиологической структуре заболеваний лептоспир серогруппы *Canicola*, что можно связать с ростом численности популяции собак в крупных городах [11].

Известны случаи заболевания лептоспирозом человека и в Якутии. В 1984–1994 гг. зооноз регистрировался в 11 районах республики, составляя от 0,2 до 2 случаев на 100 тыс. населения [12].

В Приамурье природным резервуаром лептоспироза являются популяции сусликов, бурундуков, ондатр и полевков, инфицирование которых составляет 57,1; 17,6; 20 и 8–9% соответственно [13].

Животноводческие объекты часто являются местом для гнездования и размножения мышевидных грызунов (крысы, мыши, обыкновенная полевка). При этом серые крысы в 10–40% случаев являются хроническими носителями лептоспир, а зараженность их в эпизоотических очагах достигает более 50% [7].

Знание этиологической структуры лептоспироза, поражающего тот или иной вид животных в каждом регионе страны, необходимо для его успешной профилактики и серодиагностики [6].

Якутия относится к регионам России, неблагополучным по лептоспирозу животных. За последние 15 лет интродукция возбудителей лептоспироза установлена в 29 районах республики [14]. Всего зарегистрировано 247 неблагополучных пунктов по лептоспирозу: лошади – 66,4%, крупный рогатый скот – 31,4, свиньи – 1,6, бизоны – 0,8% [12]. Наибольшее распространение лептоспироз имеет в коневодческих хозяйствах Центральной зоны и Вилюйской группы улусов.

Исходя из особенностей содержания табунных лошадей и использования продукции коневодства в приготовлении национальных блюд в сыром виде вопросы профилактики и своевременного выявления лептоспироза особенно актуальны в настоящее время [15].

Цель исследований – изучить уровень инфицированности и этиологическую структуру лептоспироза у сельскохозяйственных животных в Якутии с учетом природных зон.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ эпизоотической ситуации по лептоспирозу сельскохозяйственных животных проведен на основании данных годовых ведомственных отчетов, сведений о противоэпизоотических мероприятиях и заразных болезнях животных Департамента ветеринарии Республики Саха (Якутия) за 2016–2019 гг.

Исследования этиологической структуры лептоспирозов выполнены на базе ГБУ РС(Я) «Якутская республиканская ветеринарно-испытательная лаборатория» в 2015–2019 гг. и включают в себя результаты серологических исследований реакцией микроагглютинации (РМА) 26547 проб сывороток крови сельскохозяйственных животных, в том числе 14863 крупного рогатого скота и 11684 – лошадей.

Серологические исследования проводились РМА согласно ГОСТ 25386-91 с применением штаммов *L. icterohaemorrhagiae*, *L. grippityphosa*, *L. pomona*, *L. tarassovi*, *L. sejroe*, *L. canicola*, *L. hebdomadis*. Сыворотку крови исследовали у невакцинированных жи-

вотных в разведении 1 : 50 и выше, у вакцинированных 1 : 100 и выше. Были изучены также статистические сведения о поголовье скота и птицы по районам Республики Саха (Якутия) за 2015–2020 гг.

Обработка первичных данных осуществлялась методами описательной статистики и сравнительного анализа в программе Office Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время на территории Якутии зарегистрировано всего 8 неблагополучных пунктов по лептоспирозу животных: крупного рогатого скота – 2, лошадей – 6. В 2021 г. при серологических исследованиях (РМА) 135 голов крупного рогатого скота было выявлено 8,15% позитивных проб [11].

На территории республики из 14863 исследованных голов крупного рогатого скота возбудители лептоспироза выявлены у 1,4% животных с пределами колебаний по зонам от 0,9 до 2,0% (табл. 1).

Установлено, что этиологическая структура лептоспироза крупного рогатого скота представлена патогенными лептоспирами 7 серогрупп: *Icterohaemorrhagiae* (36%), *Grippityphosa* (27,1%), *Tarassovi* (18,2%), *Hebdomadis* и *Canicola* (по 7,4%), *Pomona* и *Sejroe* (по 2,0%). При этом показатель инфицированности скота в отдельных зонах Якутии имеет весьма значительные отличия от средних данных по республике.

Таблица 1

Этиологическая структура лептоспир, циркулирующих у крупного рогатого скота, по зонам Республики Саха (Якутия), %

Etiological structure of leptospirosis circulating in cattle, by zones of the Republic of Sakha (Yakutia), %

Серогруппа	Зона				
	Арктическая	Восточная	Центральная	Западная	Южная
<i>L. pomona</i>	-	-	3,7	-	-
<i>L. grippityphosa</i>	10,3	-	30,8	30,0	87,5
<i>L. tarassovi</i>	1,7	-	27,1	20,0	12,5
<i>L. icterohaemorrhagiae</i>	58,6	-	29,0	26,7	-
<i>L. hebdomadis</i>	19,0	-	-	13,3	-
<i>L. canicola</i>	10,3	-	7,5	3,3	-
<i>L. sejroe</i>	-	-	1,9	6,7	-

Так, в Центральной зоне, где сосредоточен основной массив поголовья крупного рогатого скота в регионе (≈63%), инфицирован-

ность животных составляет в среднем 1,5%. Уровень инфицированности скота по районам зоны колеблется от 0,14 до 8,58%. Наиболее

высокая инфицированность скота отмечается в Горном (8,58%), Намском (2,26%) и Якутском (1,35%) районах. В данной зоне регистрируется циркуляция 6 серогрупп лептоспир: *Grippotyphosa* (30,8%), *Icterohaemorrhagiae* (29,0%) и *Tarassovi* (27,1%), в меньшей степени *Canicola* (7,5%) и *Pomona* (3,7%). На долю лептоспир серогруппы *Sejroe* приходится 1,9% положительных реакций. Следует отметить, что в Центральной зоне у крупного рогатого скота не обнаружены лептоспиры *Hebdomadis*.

В Западной зоне, на долю которой приходится 31,13% поголовья скота в республике, отмечается 0,9% положительных реакций на лептоспироз. Основная часть инфицированных животных регистрируется в Мирнинском районе – 8,74%. В данной зоне циркулируют *Grippotyphosa* (30%), *Icterohaemorrhagiae* (26,7%) и *Tarassovi* (20,0%), в меньшей степени *Hebdomadis* (13,3%), *Sejroe* (6,7%). На долю лептоспир серогруппы *Canicola* приходится 3,3% положительных реакций. При этом в Западной зоне не регистрируются лептоспиры *Pomona*. Инфицированные животные не выявлены в Олекминском и Нюрбинском районах.

В Арктической зоне, где содержится 3,1% от общего поголовья скота в республике, уровень инфицированности в среднем составил 1,98% и колебался от 0,26 до 5,0%. Наиболее высокая инфицированность животных отмечается в Нижнеколымском (5,0%), Среднеколымском (4,25%), Усть-Янском (3,25%) и Момском (2,84%) районах. В Арктической зоне циркулируют 5 серогрупп лептоспир: *Icterohaemorrhagiae* (58,6%), *Hebdomadis* (19,0%), *Canicola* и *Grippotyphosa*

(по 10,3%), в меньшей степени *Tarassovi* (1,7%). При этом в Арктической зоне не регистрируются лептоспиры *Pomona* и *Sejroe*.

В Южной зоне, где содержится 0,5% поголовья скота, уровень инфицированности животных составляет 1,0%. При этом положительно реагирующие животные отмечаются только в Алданском, но отсутствуют в Нерюнгринском районе. Здесь регистрируются лишь 2 серогруппы лептоспир: *Grippotyphosa* и *Tarassovi*. В значительной доле доминирует серогруппа *Grippotyphosa* – 87,5%.

В Восточной зоне, где содержится 2,5% от общего поголовья скота в республике, среди исследованного поголовья скота (989 голов) положительно реагирующих животных не выявлено.

Показатель инфицированности лошадей лептоспирозом более высокий по сравнению с крупным рогатым скотом и также значительно различается в зависимости от зоны (табл. 2).

Так, на территории республики из 11684 исследованных лошадей возбудители лептоспироза выявлены у 3,72% животных с пределами колебаний по зонам от 2,04 до 8,7%.

Установлено, что этиологическая структура лептоспироза в коневодческих хозяйствах представлена патогенными лептоспирами 6 серогрупп: *Hebdomadis* (31,5%), *Tarassovi* (28,7%), *Icterohaemorrhagiae* (22,3%), *Sejroe* (7,36%), *Canicola* (5,75%) и *Grippotyphosa* (3,68%). При этом лептоспиры серогруппы *Pomona* в коневодческих хозяйствах Якутии не выявлены.

Таблица 2

Этиологическая структура лептоспир, циркулирующих у лошадей,
по зонам Республики Саха (Якутия), %

Etiological structure of leptospirosis circulating in horses, by zones of the Republic of Sakha (Yakutia), %

Серогруппа	Зона				
	Арктическая	Восточная	Центральная	Западная	Южная
<i>L. pomona</i>	-	-	-	-	-
<i>L. grippotyphosa</i>	6,9	2,8	2,8	1,7	-
<i>L. tarassovi</i>	13,8	29,6	41,8	15,5	38,5
<i>L. icterohaemorrhagiae</i>	36,2	12,7	7,9	48,3	30,8
<i>L. hebdomadis</i>	25,9	42,3	35,0	22,4	15,4
<i>L. canicola</i>	11,2	2,8	5,6	-	-
<i>L. sejroe</i>	6,0	9,9	6,8	6,9	15,4

В Центральной зоне, где сосредоточено основное поголовье лошадей в регионе (61,1%), инфицированность животных составляет в среднем 3,2%. Уровень инфици-

рованности лошадей по районам зоны колеблется от 0,15 до 8,62%. Наиболее высокая инфицированность лошадей регистрируется в коневодческих хозяйствах Горного (8,62%),

Кобяйского (8,59%), Таттинского (6,17%) и Чурапчинского (5,74%) районов. Отмечается циркуляция 6 серогрупп лептоспир, где доминируют *Tarassovi* (41,8%) и *Hebdomadis* (35,0%), в меньшей степени распространены *Icterohaemorrhagiae* (7,9%), *Sejroe* (6,8%) и *Canicola* (5,6%). На долю лептоспир серогруппы *Grippotyphosa* приходится 2,8% положительных реакций.

В Западной зоне, на долю которого приходится 26,7% поголовья лошадей в республике, отмечается 2,04% положительных реакций на лептоспироз. Наиболее высокий уровень инфицированных животных регистрируется в Ленском (7,85%) и Мирнинском (6,15%) районах. Этиологическая структура лептоспироза представлена у лошадей лептоспирами серогрупп *Icterohaemorrhagiae* (48,3%), *Hebdomadis* (22,4%), *Tarassovi* (15,5%), в меньшей степени *Sejroe* (6,9%), а также значительным количеством смешанных реакций (12,5% *Tarassovi* и *Canicola*). При этом распространение возбудителя серогруппы *Canicola* в «чистом виде» не отмечается. На долю лептоспир серогруппы *Grippotyphosa* приходится 1,7% положительных реакций. Лептоспироз не регистрируется у лошадей в Олекминском и Сунтарском районах.

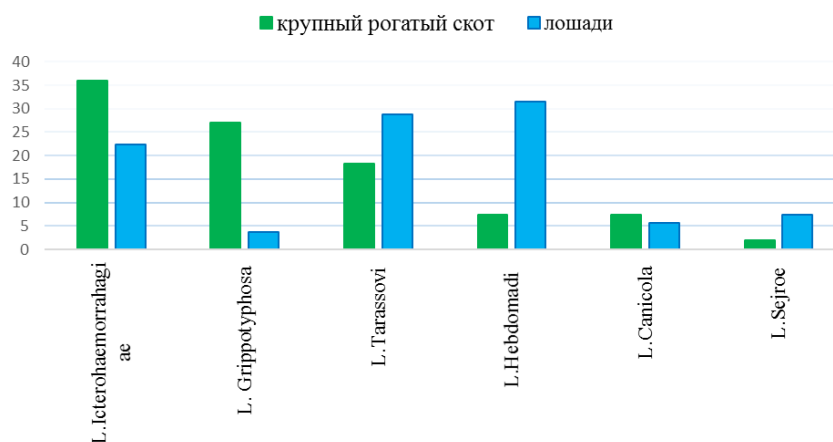
В Арктической зоне, где содержится 8,1% от общего поголовья лошадей в республике, уровень инфицированности в среднем составил 5,2% и колебался в пределах от 0,58 до 13,8%. Наиболее высокая инфицированность животных отмечается в Усть-Янском (13,8%), Верхнеколымском (9,57%), Верхоянском (8,61%) и Булуномском (7,08%) районах. В Арктической зоне циркулируют 6 серогрупп лептоспир: *Icterohaemorrhagiae* (36,2%), *Hebdomadis* (25,9%), *Tarassovi* (13,8%), *Canicola* (11,2%) и в меньшей сте-

пени *Grippotyphosa* (6,9%), *Sejroe* (6,0%). Не регистрируется лептоспироз лошадей в Анабарском и Аллаиховском районах; а в Жиганском и Оленекском исследования не проведены из-за низкого поголовья лошадей – 6 и 205 голов соответственно.

В Восточной зоне, где содержится 3,7% от общего поголовья лошадей в республике, положительно реагируют 8,7% исследованного поголовья животных. При этом уровень инфицированности животных колебался в пределах от 2,11 до 11,65%. В данной зоне циркулируют 6 серогрупп лептоспир: *Hebdomadis* (42,3%), *Tarassovi* (29,6%), *Icterohaemorrhagiae* (12,7%), *Sejroe* (9,9%), в равной степени *Grippotyphosa* и *Canicola* (по 2,8%). Наиболее высокая инфицированность животных отмечается в Оймяконском (11,65%) и Усть-Майском (10,84%) районах.

В Южной зоне, где содержится 0,4% от общей численности поголовья лошадей в республике, уровень инфицированности животных в среднем составляет 4,04%. Наиболее высокая инфицированность лошадей отмечается в Нерюнгринском районе (10,42%). В Южной зоне регистрируется всего 4 серогруппы лептоспир, где доминируют *Tarassovi* (38,5%) и *Icterohaemorrhagiae* (30,8%), в меньшей степени *Hebdomadis* и *Sejroe* (по 15,4%), а лептоспиры серологических групп *Grippotyphosa* и *Canicola* не регистрируются.

Сравнительный анализ этиологических структур лептоспир крупного рогатого скота и лошадей, не имеющих клинических симптомов заболевания лептоспирозом, показал, что наблюдается относительное разнообразие лептоспир разных серологических групп, циркулирующих на территории республики (рисунок).



Сравнительный анализ этиологических структур лептоспир сельскохозяйственных животных, циркулирующих на территории РС(Я)

Comparative analysis of the etiological structures of leptospirosis in farm animals circulating in the territory of the Republic of Sakha (Yakutia)

Таким образом, результаты исследований дают основания полагать о существовании природных и синантропных очагов лептоспирозной инфекции в различных природных зонах Якутии.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее высокий уровень инфицированных сельскохозяйственных животных лептоспирозами наблюдается в Центральной зоне, что связано с сосредоточением в ней большого поголовья животных, а также благоприятными природно-климатическими условиями для экологии возбудителя.

2. Установлено, что этиологическая структура лептоспироза крупного рогатого скота представлена патогенными лептоспирами 7 серогрупп: *Icterohaemorrhagiae* (36%), *Grippotyphosa* (27,1%), *Tarassovi* (18,2%), *Hebdomadis* и *Canicola* (по 7,4%), *Pomona* и *Sejroe* (по 2,0%). При этом возбудители лептоспироза выявлены у 1,4% животных с пределами колебаний по зонам от 0,9 до 2,0%.

3. Показатель инфицированности лошадей лептоспирозом более высокий по сравне-

нию с крупным рогатым скотом. Возбудители лептоспироза выявлены у 3,72% животных с пределами колебаний по природным зонам от 2,04 до 8,7%. Инфекция среди лошадей регистрируется во всех 5 зонах Якутии. Этиологическая структура лептоспироза в коневодческих хозяйствах представлена патогенными лептоспирами 6 серогрупп: *Hebdomadis* (31,5%), *Tarassovi* (28,7%), *Icterohaemorrhagiae* (22,3%), *Sejroe* (7,36%), *Canicola* (5,75%) и *Grippotyphosa* (3,68%). При этом лептоспиры серогруппы *Pomona* в коневодческих хозяйствах Якутии не выявлены.

4. В Арктической зоне наблюдается высокий удельный вес лептоспироза серогруппы *Icterohaemorrhagiae*, наиболее опасного для человека. Кроме того, в Арктической зоне установлено совпадение высокого уровня инфицированности лептоспирозом у лошадей и крупного рогатого скота. Возможно, что основными носителями лептоспир на территории Якутии являются узкочерепные полевки, среди которых инфицированность лептоспирами достигает 5%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проблемы диагностики завозного случая лептоспироза (анализ клинического наблюдения) / М.А. Никулина, В.М. Гранитов, С.Ф. Танашкин [и др.] // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2017. – № 1 (22). – С. 36–42.
2. Соболева Г.Л., Ананьина Ю.В., Непоклонова И.В. Актуальные вопросы лептоспироза людей и животных // Российский ветеринарный журнал. – 2017. – № 8. – С. 14–19.
3. Актуальные вопросы эпиднадзора за лептоспирозами в Иркутской области / Е.Ю. Киселева, Н.В. Бренева, М.Б. Шаракшанов [и др.] // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2014. – № 7 (77). – С. 51–56.
4. Лептоспироз животных / О.Г. Петрова, Б.М. Коритняк, Н.С. Китаев, С.А. Марковская // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 9. – С. 76–78.
5. Андрейчев А.В., Боярова Е.И., Кузнецов В.А. Роль мышевидных грызунов в циркуляции возбудителей природно-очаговых заболеваний в Республике Мордовия // Известия Самарского научного центра РАН. – 2016. – № 5–2. – С. 186–191.
6. Полтавченко Т.В. Эпизоотологический мониторинг лептоспироза животных в Ровенской области и его практическое значение // Научный вестник Львовского НУВМиБ им. С.З. Гжицкого. – 2016. – № 1 (65). – С. 120–125.
7. Немкова Н.П. Мелкие дикие млекопитающие как источник природно-очаговой инфекции – лептоспироза // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 1. – С. 100–104.
8. Ананьина Ю.В. Лептоспирозы людей и животных: тенденции распространения и проблемы профилактики // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2010. – № 2. – С. 13–16.
9. Транквилевский Д.В. Об инфицированности мелких млекопитающих возбудителями зоонозов в Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – № 10 (283). – С. 53–56.

10. Эпидемиолого-эпизоотологическое районирование территории и профилактика лептоспирозов в Дальневосточном федеральном округе / С.М. Макеев, А.С. Марамович, А.К. Носков [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. – 2007. – №2. – С. 24–27.
11. Клинико-эпидемиологические особенности лептоспироза в Сибири и на Дальнем Востоке / Н.В. Бренева, С.В. Балахонов, А.В. Алленов [и др.] // Инфекционные болезни: Новости. Мнения. Обучение. – 2018. – № 3. – С. 62–67.
12. Современная эпизоотолого-эпидемиологическая характеристика лептоспироза в Республике Саха (Якутия) / А.А. Никитина, А.И. Павлова, Т.Т. Гуляев [и др.] // Якутский медицинский журнал. – 2020. – № 2. – С. 50–54.
13. Горковенко Н.Е., Макаров Ю.А. Мониторинг циркуляции лептоспир в популяции крупного рогатого скота и дикой фауне Приамурья // Научный журнал КубГАУ. – 2017. – № 125 (01). – С. 464–473.
14. Корякина Л.П., Никитина А.А., Павлова А.И. Этиологическая структура лептоспироза животных в Республике Саха (Якутия) // Инновации и продовольственная безопасность. – 2021. – № 1 (31). – С. 106–112.
15. Никитина А.А., Корякина Л.П. Лептоспироз лошадей в условиях Якутии //Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 1–2 (115). – С. 38–41.

REFERENCES

1. Nikulina M.A., Granitov V.M., Tanashkin S.F., Volchkova E.V., Nemilostiva E.A., *Epidemiologiya i infektsionnye bolezni*, 2017, No. 1(22), pp. 36–42. (In Russ.)
2. Soboleva G.L., Anan'ina Yu.V., Nepoklonova I.V., *Rossiiskii veterinarnyi zhurnal*, 2017, No. 8, pp. 14–19. (In Russ.)
3. Kiseleva E.Yu., Breneva N.V., Sharakshanov M.B., Noskov A.K., Borisov S.A., Chesnokova M.V., Balandina T.P., Nursayanova L.P., Lemeshevskaya M.V., Balakhonov S.V., *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*, 2014, No. 7(77), pp. 51–56. (In Russ.)
4. Petrova O.G., Koritnyak B.M., Kitaev N.S., Markovskaya S.A., *Agrarnyi vestnik Urala*, 2009, No. 9, pp. 76–78. (In Russ.)
5. Andreichev A.V., Boyarova E.I., Kuznetsov V.A., *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2016, No. 5–2, pp. 186–191. (In Russ.)
6. Poltavchenko T.V., *Nauchnyi vestnik L'vovskogo NUVMiB im. S.Z. Gzhits'kogo*, 2016, No. 1(65), T. 18, pp. 120–125. (In Russ.)
7. Nemkova N.P., *Vestnik KrasGAU*, 2009, No. 1, pp. 100–104. (In Russ.)
8. Anan'ina Yu. V., *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*, 2010, No. 2, pp. 13–16 (In Russ.)
9. Trankvilevskii D.V., *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2016, No. 10 (283), pp. 53–56. (In Russ.)
10. Makeev S.M., Maramovich A.S., Noskov A.K., Chernyavskii V.F., Kondakov A.A., Krasnoshchekov V.N., Borzov E.P., *Problemy osobo opasnykh infektsii*, 2007, No. 2, pp. 24–27. (In Russ.)
11. Breneva N.V., Balakhonov S.V., Allenov A.V., Borzov V.P., Gromova T.V., Dem'yanova N.A., Medvedeva N.V., *Infektsionnye bolezni: Novosti. Mneniya. Obuchenie*, 2018, T. 7, No. 3, pp. 62–67. (In Russ.)
12. Nikitina A.A., Pavlova A.I., Gulyaev T.T., Chernyavskii V.F., Nikiforov O.I., Romanova I.A., Sofronova O.N., *Yakutskii meditsinskii zhurnal*, 2020, No. 2, pp. 50–54. (In Russ.)
13. Gorkovenko N.E., Makarov Yu.A., *Nauchnyi zhurnal KubGAU*, 2017, No. 125 (01), pp. 464–473. (In Russ.)
14. Koryakina L.P., Nikitina A.A., Pavlova A.I., *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2021, No. 1(31), pp. 106–112. (In Russ.)
15. Nikitina A.A., Koryakina L.P., *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2022, No. 1–2 (115), pp. 38–41. (In Russ.)

СКРЫТЫЕ РЕЗЕРВЫ ВАСЮГАНСКИХ БОЛОТ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПРОДУКТОВ ПЧЕЛОВОДСТВА

¹А.А. Плахова, доктор биологических наук, профессор

²И.Д. Самсонова, доктор биологических наук, профессор

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: alla.kruglikova@bk.ru

Ключевые слова: органическое пчеловодство, кормовая база, Васюганские болота, медовая продуктивность, культурные медоносные растения.

Реферат. За последние годы на мировом рынке вырос спрос на органические продукты, в том числе на экологически чистые и полезные биопродукты пчеловодства. Organic beekeeping в настоящее время существует в 60 странах мира. Для создания пасек нового актуального направления в нашей стране имеются огромные территории, расположенные севернее Транссибирской магистрали от правого берега Иртыша до левого Оби, – Васюганские болота. В административном отношении Васюганье объединяет Омскую, Томскую, Новосибирскую области. Эта территория расположена в розе ветров, где воздушные массы городов с промышленными газами обходят ее стороной, поэтому собранные пчелами продукты пчеловодства не содержат вредных элементов. В настоящее время здесь почти никто не проживает и не занимается сельским хозяйством. В результате обследования естественной кормовой базы Васюганских болот были обнаружены важнейшие медоносы и пергааносы. Это мать-и-мачеха обыкновенная, медуница мягкопушистая, калужница болотная, одуванчик лекарственный, одуванчик поздний, купальница азиатская, ивы, берёза бородавчатая, береза пушистая, будра плющевидная, черемуха обыкновенная, клевер белый, смородина черная, акация желтая, змееголовник сибирский, чистец болотный, купырь лесной, горошек мышиный, горошек тонколистный, герань луговая, герань лесная, малина лесная, борщевик рассеченный, дудник лесной, сныть обыкновенная, пастернак дикий, серпуха обыкновенная, бодяк полевой. Таким образом, данная территория является богатым пастбищем для пчел. При организации пасек в Васюганье бросовые земли целесообразно засевать донником желтым (*Melilotus officinalis* L.) и донником белым (*Melilotus albus* Medik.), который в течение ряда лет будет всегда хорошо посещаться пчелами и обеспечивать медосбор от 5 до 10 кг в день.

HIDDEN RESERVES OF THE VASYUGAN SWAMPS FOR THE PRODUCTION OF BEEKEEPING PRODUCTS

¹A.A. Plakhova, Doctor of Biological Sciences, professor

²I.D. Samsonova, Doctor of Biological Sciences, Professor

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²St. Petersburg State Forest Engineering University is named after S.M. Kirov, St. Petersburg, Russia

E-mail: alla.kruglikova@bk.ru

Keywords: organic beekeeping, fodder base, Vasyugan swamps, honey productivity, cultivated honey plants.

Abstract. In recent years, the demand for organic products has increased on the world market, including environmentally friendly and healthy beekeeping bioproducts. Organic beekeeping currently exists in 60 countries around the world. In our country, there are vast territories for creating apiaries of a new topical direction. These territories are located north of the Trans-Siberian Railway from the right bank of the Irtysh to the left bank of the Ob - these are the Vasyugan swamps. Administratively, Vasyuganye unites the Omsk, Tomsk, and Novosibirsk regions. This territory is located in the wind rose, where the air masses of cities with industrial gases bypass it. Therefore, bee products collected by bees do not contain harmful elements. At present almost no one lives here and does not engage in agriculture. As a result of a survey of the natural forage base of the Vasyugan swamps, the authors discovered the most important honey plants and perganos. These are common coltsfoot, soft fluffy lungwort, marsh marigold, medicinal dandelion, late dandelion, Asian bathing suit, willows, warty birch, fluffy birch, ivy-like budra, bird cherry, white clover, black currant, yellow acacia, Siberian snakehead, chistets swamp,

forest kupyry, mouse peas, thin-leaved peas, meadow geranium, forest geranium, forest raspberry, dissected cow parsnip, forest angelica, common goutweed, wild parsnip, common serpyllaria, field bodyak. Thus, this area is a rich pasture for bees. The authors recommend sowing wastelands with yellow sweet clover (*Melilotus officinalis* L.) and white sweet clover (*Melilotus albus* Medik.) if it is expedient to organize apiaries in Vasyuganye. This area will always be well visited by bees and provide honey collection from 5 to 10 kg per day for several years.

В настоящее время во всех странах ищут возможности создания органического пчеловодства. Продукция органического пчеловодства играет очень важную роль в борьбе с болезнями человека, а также является продуктом питания. Важность организации и развития нового направления в пчеловодстве говорит о том, что во всех странах пчеловодство во всех видах не подвергается налогообложению, а наоборот, государство доплачивает пчеловодам за рациональное использование пасек на опылении сельскохозяйственных растений. В странах Европейского союза каждому пчеловоду за улей ежегодно доплачивают евро, в США пчеловодам платят за каждый улей по 86 долл. Поэтому весь мед и другие продукты пчеловодства – это дополнительный доход за счет использования пчел на опылении. По нашим многочисленным наблюдениям, в Западной Сибири имеются медоносные растения, расположенные на обширной территории и выделяющие десятки тысяч тонн нектара. Эти богатства в настоящее время не привлекают внимание Правительства РФ. Колоссальный по территории регион ежегодно без дополнительных финансовых вложений производит десятки тысяч тонн экологически безопасной пчеловодной продукции, которая остается невостребованной. В состав обширных территорий входят Васюганские болота [1].

Васюганские болота – огромная территория Западной Сибири на Обско-Иртышском водоразделе, в южной части постепенно переходящая в Барабинскую степь. В административном отношении Васюганье объединяет Омскую, Томскую, Новосибирскую области [2].

Рельеф Васюганья представляет собой плоскую или пологоволнистую равнину, покатую к северу и прорезанную сетью долин рек Большого Югана, Васюгана, Парабеля и др. Высшая отметка 166 м, а относительные превышения водоразделов над долинами 40–60 м. Изредка вдоль водоразделов тянутся слабовыраженные увалистые возвышения (гивы), а между ними расположены широкие болота, из которых берут начало притоки Иртыша: Демьянка, Уй, Тара, Оль и притоки Оби: Большой Юган, Васюган, Парабель, Чая, Шегарка и др. В весенние половодья болота и

озера сильно разливаются и, сливаясь с реками, образуют Васюганское «море», по которому можно переплывать на лодках из бассейна Иртыша в бассейн Оби.

Васюганские болота имеют запас торфа свыше 61% от всего запаса России и стран СНГ. Среди болота располагаются острова, т. е. пространства, не занятые болотами и озерами, покрытые пихтово-еловой тайгой с примесью кедра. На болотных водоразделах растет рямовая сосна, вдоль рек – лиственные леса, береза, осина, ива [3].

Васюганские болота в царские времена считались непригодными для ведения сельского хозяйства. Освоение этого края началось после Великой Октябрьской социалистической революции. Люди успешно выращивали пшеницу, кормовые культуры, лен, коноплю, картофель, овощи. Посевные площади увеличивали за счет раскорчевки леса, осушения болот. В этих краях успешно разводили крупный рогатый скот, овец, свиней. Известна даже местная порода лошадей «нарымка». В северной части было развито оленеводство.

К сожалению, в настоящее время люди покидают обжитые селения, и часть селений уже полностью опустели. В Сибири за последние годы исчезло несколько тысяч деревень. Только в Новосибирской области в районе Васюганских болот больше не существует несколько сот населенных пунктов. Брошенные поля начинают зарастать кустарником [4–6].

Цель работы – изучить территории, занятые медоносной растительностью, пригодной для содержания пчел в Васюганье.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Количество медоносных растений определяли путем экспедиционного обследования по методике П. Н. Крылова [7]. Для оценки растительности применяли маршрутные проходы в четырех направлениях по сторонам света. Маршрутным методом оценивали уголья, занимающие большие площади и неоднородные по рельефу местности, определяли видовой состав растений. Учет травостоя на безлесной равнине (луга, поля) проводили

таким образом: проходя с краю исследуемой площади с юга на север, через каждые 100–200 шагов клали на землю деревянную рамку размером 1 х 1 м, сбитуую их легких планок, и смотрели, какие медоносы присутствуют [8].

В лесных массивах учитывали травянистый покров на полянах по аналогии с методикой учета луговой растительности на учетных площадках, а древесную растительность, подлесок обследовали фактически, прокладывая несколько (обычно четыре) ходов и учитывая встретившиеся деревья каждой породы.

Оценку каждого вида медоносных растений проводили по фактическому сбору обножки и по визуальной оценке работы пчел на растениях. Для оценки образцов пыльцевой обножки использовали пыльцеуловители. Из полифлёрных образцов обножки отбирали навески по 10 г, каждую из которых делили механически по цветовой гамме. Для изучения ботанического происхождения пыльцевой обножки проводили пыльцевой анализ с использованием методик пыльцевого анализа [9] и атласа пыльцевых зерен [10, 11].

Нектарность медоносных растений у растений с открытыми нектарниками определяли методом смывания, а у растений с закрытыми нектарниками – методом микрокапилляров [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На территории Васюганских болот обследовали естественную медоносную растительность, ценную для содержания пчел, кроме того, провели наблюдения за посевами медоносных трав. Нижеприведенная краткая характеристика медоносных растений и перганосов Васюганья дается по порядку их зацветания.

Мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.) встречается на южных склонах дорог, открытых возвышенностях. Один из первых весенних медоносов, обеспечивающих пчел нектаром. Цветет при благоприятных условиях в весенний период в конце апреля. При незначительном повышении температуры – выше 16°C и ясной погоде мать-и-мачеха открывает венчик цветка, а вечером закрывает. Пчелы охотно посещают ее цветки и приносят крупную обножку ярко-желто-оранжевого цвета. После поступления свежей пыльцевой обножки в улей матки резко увеличивают откладку яиц.

Медуница мягкопушистая (*Pulmonaria mollissima* A. Kerner). Н.Н. Карташова [13], Л.К. Параева [14] относят ее к прекрасным медоносам, но, по нашим наблюдениям, это растение с красивыми голубыми цветками очень редко посещается пчелами. Медуницы на лесных полянах отмечено большое количество, но ценность её для пчел незначительная. Пчелы собирают с растения обножку желтого цвета средних размеров и нектар. По данным В.Г. Кашковского [1], медовая продуктивность медуницы мягкопушистой равна 20 кг/га.

Иногда встречается **калужница болотная** (*Caltha palustris* L.). Пчелы посещают весенний медонос редко для сбора в небольшом количестве нектара и пыльцы.

Повсеместно встречается **одуванчик лекарственный** (*Taraxacum officinale* Wigg.) и **одуванчик поздний** (*Taraxacum serotinum* Poir.). По нашим наблюдениям, оба вида прекрасно посещаются пчелами. Пчеловоды, которые отбирают обножку для продажи с использованием пыльцеуловителей, получают первую товарную продукцию. Отдельные пчелиные семьи с одуванчиков собирают в день 700–800 г обножки. У одуванчика лекарственного обножка ярко-оранжевого цвета, угловатая, крупная. Иногда пчелы приносят нектар с этих растений.

Позже ранневесенних медоносов зацветает **купальница азиатская**, или **огонёк азиатский** (*Trollius asiaticus* L.). Это растение, как и одуванчик, секретирует нектар и массу пыльцы. Поэтому во время цветения купальницы в улей поступает много пчелиной добычи.

Ранней весной (конец апреля или начало мая) цветут **ивы** (*Salicaceae*). В Васюганье произрастают: **ива белая**, или **серебристая** (*Salix alba* L.), **ива ушастая** (*Salix aurita* L.), **ива тальник** (*Salix triandra* L.), **ива ломкая** (*Salix fragilis* L.), **ива конопляная** (*Salix viminalis* L.), **ива седоватая** (*Salix cinerea* L.) и другие их естественные гибриды. Часть ивовых зацветает с первым потеплением. Это те виды, которые распускают сережки до появления листьев. К ним относится **ива бредина**, **козья** (*Salix caprea* L.), ива тальник и ива ушастая. Они дают самый первый мед и пергу. Пыльцевая обножка, собранная с ивы козьей, желтого цвета, некрупная, угловатой формы; с ивы белой – желтого цвета. В литературе указывается [13, 14], что медовая продуктивность ив составляет 150–200 кг/га, фактически они выделяют нектара больше. В 1950 г. в с. Пихтовка (бывший районный центр на северо-востоке Новосибирской об-

ласти) контрольный улей показал сбор меда в день 10 кг. Сильные семьи при благоприятной теплой погоде в весенний период собирали за время цветения до 45 кг. По наблюдениям В. Г. Кашковского, хороший медосбор с ивы в Сибири бывает два раза в 10 лет. Майский мед с ив кремового цвета и приятного аромата. Продолжительное время фаза цветения изучаемого медоносного растения сопровождается плохой погодой, низким температурным режимом с ветрами и дождями, чередующимися со снегом. С возвращением весенних холодов цветет **ива пятитычинковая**, или **чернотал** (*Salix pentandra* L.), но встречается очень редко.

Берёза бородавчатая, повислая (*Betula verrucosa* Ehrh.) и **береза пушистая, белая** (*Betula pubescens* Ehrh.) образуют крупные массивы березняков, во время цветения которых при теплой погоде пчелы собирают с них пыльцу, формируя обножки ярко-желтого цвета.

Будра плющевидная (*Glechoma bederaceae* L.) хорошо посещается пчелами, однако заросли этого растения товарного меда не дают. Пыльцевая обножка светло-бежевого цвета. Это типичное растение поддерживающего медосбора.

Черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.) часто образует сплошные заросли. Цветет обильно, но пчелы собирают с нее нектар, по наблюдениям В. Г. Кашковского, один раз в 20 лет. Черемуха цветет всегда после зацветания ивы бредины, ивы тальника и ивы ушастой во время возвратных холодов. В.Г. Кашковский сообщает [4, 5], что в 1956 и 1964 гг. был хороший медосбор с черемухи, когда контрольный улей показывал привес в день 2 кг, в остальное время из-за холодов пчелы черемуху не посещали. Ее медовая продуктивность составляет 20 кг/га. Пчелы собирают с черемухи обыкновенной пыльцу коричневого цвета, формируя обножки темно-коричневого цвета.

Клевер белый (*Trifolium repens* L.) встречается на открытых полянах, цветет в течение нескольких месяцев. Пчелами посещается редко. Нектарность и посещаемость клевера возрастают к северу. Например, в Парабельском районе Томской области в теплые весенние и летние сезоны белый клевер является хорошим медоносом. Медовая продуктивность клевера белого в лесостепной зоне равняется 78,0 кг/га. Пыльцевая обножка желто-коричневого цвета, средних размеров, угловатая.

Смородина черная (*Ribes nigrum* L.) при теплой весне хорошо посещается пчелами. Цветет в конце мая – начале июня, в течение 12–15 дней. Пчелы собирают нектар до 40 кг/га [4, 5] и обножку темно-зеленого цвета.

Акация желтая, сибирская (*Caragana arborescens* Lam.). Заросли ее встречаются на островах и гривах. Медосбор с акации бывает бурным, так как она цветет 10–15 дней. Привесы контрольного улья достигают 10 кг в день. Мед с нее светлый, прозрачный, как чистая вода, а когда засахарится, то становится белым. К сожалению, цветение часто совпадает с холодной погодой, поэтому хороший сбор меда в районах Васюганья бывает один раз в 10 лет. Медовая продуктивность акации желтой составляет 360 кг/га.

Змееголовник сибирский, поникший (*Dracoscephalum nutans* L.). По годам резко отличается медовой продуктивностью, что связано со складывающимися погодными условиями в период медосбора. Средняя медовая продуктивность составляет 50–60 кг/га [4, 5]. Максимальный привес в день составлял 5 кг, чаще пчелы приносят от 100 г до 2 кг. Продуктивный медосбор в период цветения складывается редко.

Чистец болотный (*Stachys palustris* L.) Цветет с июня по сентябрь по сырым местам. Считается сильнейшим медоносом, о чем свидетельствуют показания контрольного улья, которые достигали 8 кг в день. По данным В.Г. Кашковского, один цветок чистеца болотного за период жизни выделяет 2,14 мг нектара [4, 5], медовая продуктивность – 203,1 кг/га.

Купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* L.) редко посещается пчелами, хотя нектар на цветках виден хорошо. Только летом 1997 г. пчелы активно собирали нектар и пыльцу. В остальное время обильно цветущие массивы купыря пчелами не посещаются. По исследованиям Н.Н. Карташовой, сахаропроductивность его составляет 100 кг на 1 га [13].

Горошек мышиный (*Vicia cracca* L.) и **горошек тонколистный** (*Vicia tenuifolia* Roth) иногда встречаются на полянах и гривах, пчелы активно посещают цветки. Привесы контрольного улья в это время показывают 2–3 кг в день, а на Алтае, где большие заросли этого растения, пчелы приносят до 5 кг меда в день. Медовая продуктивность горошков составляет 30 кг/га. Мед с мышиного горошка обладает высоким качеством. Пыльцевая обножка, собранная с мышиного горошка, желтого цвета.

Герань луговая (*Geranium pratense* L.) и герань лесная (*Geranium sylvaticum* L.) широко встречаются и продолжительно цветут. Пчелы собирают с них нектар и пыльцу (обножка желтого цвета, средних размеров, круглая). Товарного меда с этих растений не получают, это растения поддерживающего медосбора. По данным профессора В. Г. Кашковского, медовая продуктивность герани луговой составляет 50,0 кг/га.

Малина лесная, обыкновенная (*Rubus idaeus* L.). В Томской области во многих районах образует сплошные заросли и является растением главного медосбора. Васюганье Новосибирской области малиной беднее, и с точки зрения медосбора это растение большой роли не играет. Медовая продуктивность в таежной зоне больше, чем в других зонах, и составляет 140–150 кг/га.

Борщевик рассеченный (*Heracleum dissectum* Ledeb.). Н.Н. Карташова считает его одним из главных медоносов Томской области, его медовая продуктивность составляет 100 кг/га [13]. По нашим наблюдениям, борщевик практически не посещается пчелами и, несмотря на большие площади, получают с него товарный мед редко, один раз за 40 лет. Пчелы собирают пыльцу, формируя восковидные обножки желтоватой окраски.

Дудник лесной, дягиль лесной, русянка (*Angelica sylvestris* L.). Растение встречается на лугах, полянах, среди кустарников и по берегам болот. При цветении распространяет медовый запах, пчелы охотно посещают его цветки, но сплошных зарослей нет, поэтому товарного меда не бывает. Исследованиями В.Г. Кашковского была определена медовая продуктивность русянки, которая равна 280–400 кг/га. С этого растения пчелы приносят в улей обножку серовато-желтого цвета.

Сныть обыкновенная (*Aegorodium podagraria* L.). Это растение широко встречается по всему Васюганью. Во время цветения издает медовый запах, нектарники блестят от нектара, но пчелы его цветки посещают плохо. Обножка, собранная медоносной пчелой со сныти, восковидная, бежевого цвета.

Пастернак дикий, лесной (*Pastinaca silvestris* Gars.). Влаголюбивое растение, растет вдоль дорог, на деградированных лугах, цветет в июне, июле. Пастернак относится к вто-

ростепенным медоносным растениям. Цветки пчелы посещают неохотно, собирая нектар и пыльцу бледно-желтого цвета.

Серпуха обыкновенная, венценосная (*Serratula coronata* L.) Растет на лугах, на лесных опушках, на полянах. Цветет с середины июля до начала сентября, пчелы ее хорошо посещают, так как она обильно выделяет доступный им нектар и пыльцу. Медовая продуктивность серпухи обыкновенной равна 250,5 кг/га.

Бодяк полевой, осот розовый (*Cirsium arvense* L.) распространен на полянах, по склонам и обрывам. Цветет с середины июля до начала сентября. Пчелы активно посещают цветки, собирают нектар и обножку ярко-лилового цвета, крупную, округло-сплюсненной формы. Медовая продуктивность 111,7 кг/га.

Профессор Г.А. Аветисян [15, 16] в своих работах отмечает, что нектропродуктивность одних и тех же медоносов повышается по мере продвижения с юга на север, так как там день длиннее и больше света. Но испытание культурных медоносов показало, что в районе Васюганья синяк обыкновенный (*Echium vulgare* L.), пустырник обыкновенный (*Leonurus cardiaca* L.), валериана лекарственная (*Valeriana officinalis* L. s.l.), пчелами посещаются плохо. Прекрасно себя зарекомендовали в этих условиях донник желтый (*Melilotus officinalis* L.), донник белый (*Melilotus albus* Medik.) – как их посевы, так и естественные заросли. В связи с этим при организации пасек в Васюганье бросовые земли целесообразно засеивать донником, который в течение ряда лет будет всегда хорошо посещаться пчелами и обеспечивать медосбор от 5 до 10 кг в день. Цветет донник почти месяц. Это самый верный медонос Васюганья – огромного края Сибири.

ВЫВОДЫ

1. В районе Васюганских болот естественная кормовая база пчеловодства может обеспечить пасеки устойчивым медосбором.

2. При организации пасек в Васюганье самыми надежными культурными медоносами являются донник желтый (*Melilotus officinalis* L.) и донник белый (*Melilotus albus* Medik.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кашковский В.Г. Содержание и разведение медоносных пчел *Apis mellifera* L. – СПб: Санкт-Петербург. фил. ФГУП «Изд-во Наука», 2021. – 423 с.

2. *Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области* / В.И. Кирюшин, А.Н. Власенко, В.К. Каличкин, Н.Г. Власенко [и др.]. – Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2002. – 388 с.
3. *Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование)* / Л.И. Инишева, А.А. Земцов, О.Л. Лисс, С.М. Новиков, Н.Г. Инишев. – Томск: ЦНТИ, 2003. – 212 с.
4. *Кашковский В.Г.* Содержание и разведение медоносных пчел *Apis mellifera* L. – Киев: Книгоноша, 2019. – 424 с.
5. *Кашковский В.Г.* Содержание и разведение медоносных пчел *Apis mellifera* L. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2018. – 414 с.
6. *Ивашевская Е.Б.* Анализ возможностей устойчивого развития пчеловодства Сибири // Сборник трудов V Международного научно-практического форума по пчеловодству «Пчелопродукты – здоровье нации». – Краснообск: Сибпринт, 2010. – С. 3–8.
7. *Крылов П.* Флора Западной Сибири. Руководство к определению западно-сибирских растений. – Томск: Изд. Том. ботан. отд-ние Всерос. ассоциации естествоиспытателей, 1931–1949. – Вып. I–XI.
8. *Определитель растений Новосибирской области* / И.М. Красноборов, М.Н. Ломоносова, Д.Н. Шауло, Е.И. Вибе [и др.]. – Новосибирск: Наука. Сиб. предпр. РАН, 2000. – 492 с.
9. *Чигуряева А.А., Колоскова И.Г., Дайковский В.С.* Учебное пособие по палинологии. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1975. – 45 с.
10. *Атлас пыльцевых зерен (Pollen atlas)* / И.В. Карпович, Е.С. Дребезгина, Е.Н. Еловикова, Г.И. Леготкина, Е.Н. Зубова, Р.З. Кузьяев, Р.Г. Хисматуллин. – Екатеринбург: Уральский рабочий, 2015. – 318 с.
11. *Чекрыга Г.П., Плахова А.А.* Характеристика основных медоносов Западной Сибири по пыльцевой обножке, собранной *Apis mellifera*: монография. – Новосибирск: Арéal, 2018. – 156 с.
12. *Яковлева Л.П.* Влияние повторного отбора нектара из цветков медоносных растений на его выделение // XXI Международный конгресс по пчеловодству. США. – 1967. – С. 418–421.
13. *Карташова Н.Н.* Медоносные растения Томской области. – Томск: Тип. Том. гос. ун-та, 1955. – 80 с.
14. *Параева Л.К.* Медоносные растения Западной Сибири. – Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1970. – 167 с.
15. *Аветисян Г.А.* Пчеловодство. – М.: Колос, 1982. – 319 с.
16. *Аветисян Г.А.* Разведение и содержание пчел. – М.: Колос, 1983. – 271 с.

REFERENCES

1. Kashkovskij V.G., *Soderzhanie i razvedenie medonosnyh pchel Apis mellifera* L. (Maintenance and breeding of honey bees *Apis mellifera* L.), Saint-Petersburg: Nauka, 2021, 423 p.
2. Kirjushin. V.I., Vlasenko A.N., Kalichkin V.K., Vlasenko N.G., *Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledelija Novosibirskoj oblasti* (Adaptive landscape farming systems of the Novosibirsk region), Novosibirsk: GUP RPO SO RASHN, 2002, 388 p.
3. Inisheva L.I., Zemcov A.A., Liss O.L., Novikov S.M., Inishev N.G., *Vasjuganskoe boloto (prirodnye uslovija, struktura i funkcionirovanie)* (Vasyugan swamp (natural conditions, structure and functioning)), Tomsk: CNTI, 2003, 212 p.
4. Kashkovskij V.G., *Soderzhanie i razvedenie medonosnyh pchel Apis mellifera* L. (Maintenance and breeding of honey bees *Apis mellifera* L.), Kyiv: Knigonosha, 2019, 424 p.
5. Kashkovskij V.G., *Soderzhanie i razvedenie medonosnyh pchel Apis mellifera* L. (Maintenance and breeding of honey bees *Apis mellifera* L.), Novosibirsk: Agro-Sibir', 2018, 414 p.
6. Ivashevskaja E.B. *Sbornik trudov V Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma po pchelovodstvu «Pcheloproducty – zdorov'e nacji»*, (Sbornik trudov V Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma po pchelovodstvu «Pcheloproducty – zdorov'e nacji»), Krasnoobsk: Sibprint, 2010, pp. 3–8. (In Russ.)

7. Krylov P., *Flora Zapadnoj Sibiri. Rukovodstvo k opredeleniju zapadno-sibirskih rastenij*, (Flora of Western Siberia. Guide to the definition of West Siberian plants), Tomsk: Izd. Tom. botan. otd. Vseros. associacii estestvoispytatelej, 1931–1949, Issues I–XI.
8. Krasnoborov I.M., Lomonosova M.N., Shaulo D.N., Vibe E.I., [i dr.], *Opredelitel' rastenij Novosibirskoj oblasti* (Determinant of plants of the Novosibirsk region), Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe predpriyatie RAN, 2000, 492 p.
9. Chigurjaeva A.A., Koloskova I.G., Dajkovskij V.S., *Uchebnoe posobie po palinologii* (Textbook on palynology), Saratov: Izd-vo Saratov. un-ta, 1975, 45 p.
10. Karpovich I.V., Drebezgina E.S., Elovikova E.N., Legotkina G.I., Zubova E.N., Kuzjaev R.Z., Hismatullin R.G., *Atlas pyl'cevyh zeren (Pollen atlas)* (Atlas of pollen grains (Pollen atlas)), Yekaterinburg: Ural'skij rabochij, 2015, 318 p.
11. Chekryga G.P., Plahova A.A., *Harakteristika osnovnyh medonosov Zapadnoj Sibiri po pyl'cevoj obnozhke, sobrannoj Apis mellifera* (Characteristics of the main honey plants of Western Siberia by pollen pollen collected by Apis mellifera), Novosibirsk: Areal, 2018, 156 p.
12. Jakovleva L.P., *XXI Mezhdunarodnyj kongress po pchelovodstvu* (The effect of repeated selection of nectar from the flowers of honey plants on its release), USA, 1967, pp. 418–421. (In Russ.)
13. Kartashova N.N., *Medonosnye rastenija Tomskoj oblasti* (Honey plants of the Tomsk region), Tomsk: Tip. Tom. gos. un-ta, 1955, 80 p.
14. Paraeva L.K., *Medonosnye rastenija Zapadnoj Sibiri* (Honey plants of Western Siberia), Novosibirsk: Zap.-Sib. kn. izd-vo, 1970, 167 p.
15. Avetisjan G.A., *Pchelovodstvo* (Beekeeping), Moscow: Kolos, 1982, 319 p.
16. Avetisjan G.A., *Razvedenie i sodержanie pchel* (Breeding and keeping bees), Moscow: Kolos, 1983, 271 p.

СОДЕРЖАНИЕ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АЗОТИСТОГО ОБМЕНА У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.И. Себежко, кандидат биологических наук, доцент

Е.А. Климанова, аспирант

К.Н. Нарожных, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией

О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

Д.А. Александрова, магистрант

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: sebezkhkonok@ngs.ru

Ключевые слова: азотистый обмен, голштинская порода, протеин, сывороточный альбумин, мочевины, мочевиная кислота.

Реферат. Для углубления контроля над полноценностью кормления крупного рогатого скота и обеспечения оперативности реагирования на питательные дисбалансы и корректировки рационов следует оценивать состояние азотистого обмена. Баланс азота – это ключевой показатель обмена веществ у крупного рогатого скота. Изложены результаты определения содержания и изменчивости показателей азотистого обмена крупного рогатого скота голштинской породы в условиях Западной Сибири. Объектом исследования выступили бычки голштинской породы, полученные от четырех быков-производителей в условиях промышленных животноводческих предприятий на территории Западно-Сибирского региона. Изучены основные показатели белкового и небелкового азотистого обмена (с помощью наборов реагентов «Вектор-Бест»): общий белок, альбумин, глобулин, мочевины, креатинин, мочевиная кислота. Установлено, что показатели общего белка, альбуминов, глобулинов, мочевины и мочевой кислоты находились в общепринятых границах физиологической нормы для крупного рогатого скота. Однако альбумин-глобулиновый коэффициент был ниже нормы, а уровень креатинина – выше физиологической нормы. Содержание мочевины и креатинина и альбумин-глобулиновый коэффициент характеризовались наиболее высокими показателями изменчивости, что говорит о неоднородности данной популяционной выборки голштинского скота по особенностям протекания белкового обмена. С помощью критерия Краскела-Уоллиса не было выявлено статистически значимых межгрупповых различий по содержанию общего белка ($p = 0,67$), альбумина ($p = 0,23$), глобулинов ($p = 0,87$), альбумин-глобулинового коэффициента ($p = 0,96$) и мочевой кислоты ($p = 0,31$), однако установлено влияние отца на уровень мочевины ($p = 0,049$) и креатинина ($p = 0,042$) в сыворотке крови потомков. Проведенный анализ протеинограммы и уровня мочевины сыворотки крови потомков не выявил достоверных различий влияния отца, при этом установлены различия по уровню конечных продуктов белкового обмена – мочевины и креатинина.

CONTENT AND VARIABILITY OF NITROGEN METABOLISM IN CATTLE OF THE HOLSTEIN BREED UNDER CONDITIONS OF WESTERN SIBERIA

O.I. Sebezkhko, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor

E.A. Klimanova, Postgraduate Student

K.N. Narozhnykh, Ph.D. in Biological Sciences, Head of Laboratory

O.S. Korotkevich, Doctor of Biological Sciences, Professor

D.A. Aleksandrova, Master's Student

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: sebezkhkonok@ngs.ru

Keywords: nitrogen metabolism, Holstein breed, protein, serum albumin, urea, uric acid.

Abstract. It is necessary to assess the state of nitrogen metabolism to deepen control over the usefulness of feeding cattle and ensure prompt response to nutritional imbalances and diet adjustments. Nitrogen balance is a key indicator of cattle metabolism. The authors presented the results of determining the content and variability of indicators of nitrogen metabolism in Holstein cattle in Western Siberia. The object of the study was the bulls of the Holstein breed, obtained from four sires in the conditions of industrial livestock enterprises in the West

Siberian region. The authors also studied the main indicators of protein and non-protein nitrogen metabolism (using Vector-Best reagent kits): total protein, albumin, globulin, urea, creatinine, and uric acid. It was found that the indicators of total protein, albumin, globulins, urea, and uric acid were within the generally accepted boundaries of the physiological norm for cattle. However, the albumin-globulin coefficient was below the norm, and the creatinine level was above the physiological norm. The content of urea and creatinine and the albumin-globulin coefficient were characterized by the highest rates of variability, which indicates the heterogeneity of this population sample of Holstein cattle in terms of the peculiarities of the course of protein metabolism. The authors did not reveal statistically significant intergroup differences in the content of total protein ($p = 0.67$), albumin ($p = 0.23$), globulins ($p = 0.87$), albumin-globulin coefficient ($p = 0.96$) and urinary acids ($p = 0.31$) using the Kruskal-Wallis test. However, the authors established the influence of the father on the level of urea ($p = 0.049$) and creatinine ($p = 0.042$) in the blood serum of the offspring. The analysis of the protein gram and the level of uric acid in the blood serum of the offspring did not reveal significant differences in the influence of the father while differences were established in the level of end products of protein metabolism - urea and creatinine.

Состояние животноводческой отрасли РФ в настоящее время в значительной мере обеспечивает продовольственную безопасность населения. Разведение крупного рогатого скота сегодня является наиболее инновационной и перспективной отраслью животноводства с точки зрения увеличения продуктивности и получения экономической выгоды.

Перспективы развития отрасли скотоводства невозможны без разведения высокопродуктивных пород крупного рогатого скота [1]. Голштинская порода обладает высокой молочной продуктивностью, адаптивными качествами, а также является одной из самых распространённых в мире [2–6]. В Российской Федерации количество скота голштинской породы в племенных хозяйствах непрерывно увеличивается и в последние несколько лет составляет около 25%. В настоящее время молочная продуктивность коров голштинской породы в среднем достигла 10,5 тыс. кг молока в год [7, 8].

Продуктивность крупного рогатого скота в хозяйствах тесно связана с количеством используемых высокопродуктивных животных, полученных от ценных быков-производителей разводимых пород [1].

Как молочная, так и мясная продуктивность скота самым тесным образом связана с азотистым обменом, который представлен метаболизмом белковых и остаточных фракций [9–12]. Традиционно к белковому азоту относят фракции всех белков крови, а остаточный азот представлен главным образом азотом мочевины, аминокислот, креатинина, креатина, аммиака, индикана [11–13], а также достаточно многочисленными минорными фракциями, такими как азот в составе билирубина, глутатиона, полипептидов, нуклеотидов, гистамина, холина [15–17].

Отличительной чертой обмена азота у крупного рогатого скота, как и всех жвачных, является тесная взаимосвязь между азоти-

стым обменом собственно животного и азотистым обменом микробиоты в рубце. Больше половины азота, поступающего с кормом, метаболизируется микрофлорой преджелудков. При этом не все белки, аминокислоты, пептиды перерабатываются микрофлорой преджелудков, часть соединений остаются интактными. В то же время микробиальная популяция рубца служит источником аминокислот для животного.

Установлено, что количество белка в сыроворотке крови положительно коррелирует с активностью энзимов печени (карбамоилфосфатсинтетаза, орнитин-карбамоилтрансфераза, аргининосукцинатсинтетаза, аргининосукцилатлиаза, аргиназа), участвующих в биосинтезе мочевины, являющейся главным источником небелкового азота в организме крупного рогатого скота [16, 18]. Около трети поступившего белка в конечном итоге преобразуется в мочевины [19]. Определённое значение в обмене протеина у жвачных имеет некоторое количество эндогенного белка, поступающего в результате слущивания эпителия.

На долю аммиака приходится очень небольшая часть остаточного азота, являющегося одним из конечных продуктов обмена белков, наряду с мочевиной, креатином и креатинином. В сумме с индиканом эта доля не превышает 0,5%. Аммиак у крупного рогатого скота образуется как при распаде белков в рубце, так и в реакциях дезаминирования аминокислот, протекающих в тканях.

Доля азота мочевой кислоты составляет примерно 5%. Мочевая кислота – продукт катаболизма пуринов – является активным метаболическим продуктом, она проявляет либо антиоксидантную, либо прооксидантную активность. У крупного рогатого скота, как и у большинства млекопитающих, за исключением человека и приматов, мочевая кислота расщепляется под действием уриказы в печени

до 5-гидроксиизоурата. Это короткоживущее соединение быстро превращается в аммиак, мочевины и аллантоин, а в присутствии свободных сильных кислот в аллантоиновую кислоту. Данные метаболиты являются водорастворимыми и экскретируются у крупного рогатого скота как основные конечные продукты катаболизма пуринов с мочой [13, 14].

Мочевая кислота является одним из самых распространенных антиоксидантов, обладает мощной способностью поглощать пероксинитрит, оксид азота и гидроксильные радикалы, тем самым предотвращая нитрование белков и перекисное окисление липидов. С одной стороны, у всех видов млекопитающих установлена положительная корреляция между продолжительностью жизни и уровнем мочевой кислоты. С другой – мочевая кислота действует как пироксидант и может быть маркером окислительного стресса. Сывороточная мочевая кислота стимулирует продукцию фактора некроза опухоли- α и может способствовать эндотелиальной дисфункции, ингибируя пролиферацию и миграцию эндотелиальных клеток и снижая выработку оксида азота и его биодоступность.

Концентрация показателей азотистого обмена в организме крупного рогатого скота определяется как средовыми, так и генетическими факторами. Сегодня складываются предпосылки к формированию представлений о том, что генетические факторы объясняют от 25 до 60% вариативности уровней этих показателей в сыворотке крови. Так, в отношении солей мочевой кислоты предполагается, что от 25 до 40% вариативности уровней уратов в сыворотке крови контролируется распространенными однонуклеотидными полиморфизмами, а оставшиеся 60–75% вариативности уровня уратов и объясняются редкими и нераспространенными генетическими вариантами и негенетическими факторами, такими, как характер кормления или другие воздействия окружающей среды. Разведение крупного рогатого скота неразрывно связано с влиянием генетического фактора быков-производителей. При этом если выполняются условия оптимального содержания и кормления животных, то влияние генотипа быка является первостепенным [20, 21].

Голштинская порода характеризуется хорошими адаптивными качествами. При этом в определённых климатогеографических условиях формируются метаболические профили животных, характеризующиеся определённым размахом фенотипической изменчивости, что позволяет оценивать состояние

организма животных и уровень адаптации к условиям разведения.

Целью работы была оценка содержания и изменчивости основных показателей азотистого баланса у крупного рогатого скота голштинской породы, разводимого в Западной Сибири, с учетом влияния быков-производителей

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования были 34 бычка голштинской породы живой массой 330–350 кг, полученные от четырех быков-производителей: Fabio, Bonier, Brio, Malstrem – в условиях промышленных животноводческих комплексов на территории Западно-Сибирского региона. Возраст животных составлял 12–13 месяцев. Животные находились в одинаковых условиях содержания и однотипного круглогодичного кормления.

Изучены основные показатели белкового и небелкового азотистого обмена. Концентрацию общего белка, альбумина, глобулинов, мочевины, креатинина, мочевой кислоты определяли фотометрически с помощью наборов реагентов фирмы «Вектор-Бест». Измерение абсорбции проводили на программируемом полуавтоматическом фотометре Photometer 5010V5⁺ (Robertriele GmbH & Co KG, Германия). Рассчитывали альбумин-глобулиновый коэффициент.

На территории хозяйства осуществляется регулярная оценка почв, воды, кормовых угодий, а также тканей и органов крупного рогатого скота на содержание тяжёлых металлов и радионуклидов [22–24].

Полученные экспериментальные данные по содержанию аналитов оценивали с помощью критерия Шапиро-Уилка (W) на нормальность распределения. При нормальном распределении применяли стандартные биометрические методы. При распределении, не соответствующем нормальному, использовали метод Hozo [25].

При определении межгрупповых различий содержания аналитов в сыворотке крови потомков разных быков-производителей пользовались критерием Краскела-Уоллеса в качестве альтернативного непараметрического аналога однофакторного дисперсионного анализа при сравнении 3 и более независимых групп [26]. После применения теста Краскела-Уоллеса использовали пост-хок теста Данна [27] с поправкой Холма для парного сравнения совокупностей [28].

Для статистических вычислений использовали язык программирования R (Microsoft R Open 3.5.1), среду анализа данных R studio.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Средние величины содержания показателей азотистого обмена у бычков голштинской

породы в возрасте 12–13 месяцев представлены в табл. 1. Показатели общего белка, альбуминов, глобулинов, мочевины и мочевой кислоты варьировали в общепринятых границах физиологической нормы для крупного рогатого скота.

Таблица 1

Показатели азотистого обмена в сыворотке крови бычков голштинской породы (n=34)
The content of indicators of nitrogen metabolism in the blood serum of bulls of the Holstein breed (n=34)

Показатели	Норма	$\bar{x} \pm Sx$	Me
Общий белок, г/л	60–85	80,5 ± 3,55	75,5
Альбумины, г/л	27–40	29,6 ± 1,19	28,5
Глобулины, г/л	60–73	59,9 ± 3,35	51,5
Альбумин-глобулиновый коэффициент	1,2–2,0	0,68 ± 0,07	0,56
Мочевина, ммоль/л	2,8–8,8	3,64 ± 0,34	3,1
Креатинин, мкмоль/л	55–180	251,8 ± 0,34	221
Мочевая кислота, мкмоль/л	41–220	112,8 ± 9,49	102,8

При этом альбумин-глобулиновый коэффициент характеризовался низкими значениями, а уровень креатинина был выше физиологической нормы. Креатинин, являясь конечным продуктом азотистого обмена в мышцах, служит биохимическим маркером состояния энергетического обмена в мышцах и зависит от уровня протеинемии и объёма мышечной ткани в организме. Высокий уровень креатинина у исследованных животных

носит характер продукционной азотемии и отражает активные процессы обмена белков в мышечной ткани у молодых бычков. Следует принимать во внимание высокую живую массу скота данной сельскохозяйственной популяции – от 330 до 365 кг.

Важной характеристикой популяции являются показатели изменчивости содержания (табл. 2).

Таблица 2

Изменчивость показателей азотистого обмена в сыворотке крови бычков голштинской породы
Variability of indicators of nitrogen metabolism in the blood serum of Holstein bulls

Показатели	Q ₁	Q ₃	IQR	σ	Cv	Lim	Отношение крайних вариант
Общий белок, г/л	65,8	93,2	27,3	20,7	25,7	42–140	1 : 3,3
Альбумины, г/л	25,9	33,1	7,17	6,97	61,6	16–47	1 : 2,94
Глобулины, г/л	35,5	62,0	26,5	19,6	38,4	20–109	1 : 5,45
Альбумин-глобулиновый коэффициент	0,449	0,766	0,317	0,41	61,6	0,03–2,35	1 : 61,60
Мочевина, ммоль/л	2,29	4,7	2,41	1,99	54,6	1,5–10,6	1 : 7,10
Креатинин, мкмоль/л	168,4	306,8	138,5	140,4	55,7	116–752	1 : 6,45
Мочевая кислота, мкмоль/л	60,4	144	83,6	55,3	49	40,2–0218,9	5,44

Примечание. Q₁ – первый квартиль; Q₃ – третий квартиль; IQR – межквартильный размах.

Фенотипическая изменчивость показателей белкового обмена в данной популяции бычков отражает общепринятые закономерности биологической вариации изучаемых аналитов. Наименьшей изменчивостью ха-

рактеризовался уровень общего белка в сыворотке крови. У большинства животных уровень белка варьировал в пределах межквартильного размаха Q₁ – Q₃. Средние значения альбумин-глобулинового коэффициента

были низкими и характеризовались наиболее высокими показателями изменчивости, так же как отношение крайних вариант по альбумин-глобулиновому коэффициенту к данному показателю. Достаточно высокой изменчивостью характеризовался уровень креатинина, у некоторых животных были получены аномально высокие его значения. Коэффициент вариации по содержанию мочевины также отражает достаточно высокую изменчивость, хотя в большинстве случаев у животных отсутствовали аномальные результаты. Неоднородность данной популяции по этим показателям может быть обусловлена влиянием фактора отца.

Одним из факторов, подтверждающих наследственную обусловленность характера и уровня протекания метаболических реакций азотистого обмена, является влияние генотипа быка-производителя. В результате применения критерия Краскела-Уоллиса не было выявлено статистически значимых межгрупповых различий по содержанию общего белка ($df = 3$, $N = 1,55$, $p = 0,67$), альбумина ($df = 3$, $N = 4,24$, $p = 0,23$), глобулинов ($df = 3$, $N = 0,7$, $p = 0,87$), альбумин-глобулинового коэффициента ($df = 3$, $N = 0,32$, $p = 0,96$), мочевой кислоты ($df = 3$, $N = 2,31$, $p = 0,31$) и установлено влияние отца на уровень мочевины ($df = 3$, $N = 7,34$, $p = 0,049$) и креатинина ($df = 3$, $N = 4,8$, $p = 0,042$) в сыворотке крови потомков.

Таким образом, анализ протеинограммы сыворотки крови потомков не выявил достоверных различий влияния отца. С одной стороны, этот факт свидетельствует о целенаправленном отборе в стаде, с другой – характеризует адекватность кормления и содержания физиологическим потребностям и свиде-

тельствует о хорошей адаптацией животных к эколого-климатическим условиям Западной Сибири. Соответствие физиологического статуса условиям разведения и качеству кормления отражает возможности животных к проявлению максимальной продуктивности и реализации генетического потенциала. Различий по уровню мочевой кислоты между сыновьями быков также не установлено. При этом выявлено влияние фактора отца на конечные продукты белкового обмена, отражающие протекание катаболических процессов: мочевины и креатинина.

На рис. 1 представлена диаграмма размаха уровня мочевой кислоты в сыворотке крови потомков разных быков-производителей. Наиболее консолидировано по количеству мочевой кислоты потомство быка Fabio. Вариативность протеинемии у потомков быков Bonier и Malstrem занимала промежуточное положение. У всех групп животных размах изменчивости обусловлен преобладанием в представленных выборках высоких значений мочевой кислоты. Баланс между выработкой уратов печенью и путями выведения уратов кишечником или почками определяет уровень уратов в сыворотке крови. В целом гиперурикемия является центральным фактором риска развития уролитиаза, а также ассоциируется с хроническими заболеваниями почек, нарушениями обмена углеводов. Однако у крупного рогатого скота достаточно активна уриказа в печени, и высокие значения гиперурикемии наблюдаются достаточно редко. В нашем исследовании мы также не наблюдаем концентраций мочевой кислоты, превышающих общепринятую физиологическую норму.

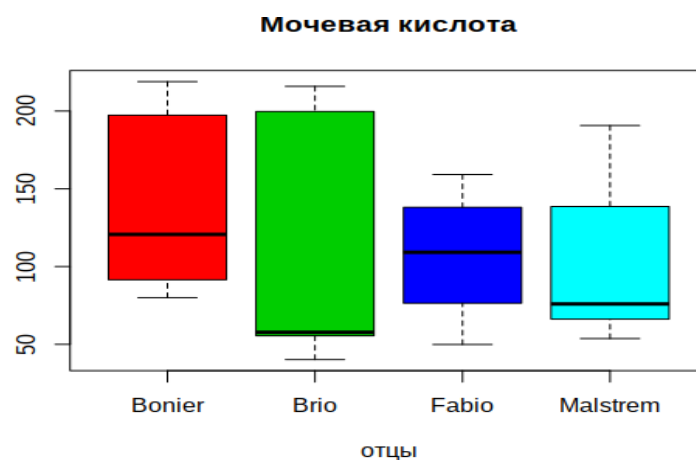


Рис. 1. Диаграмма размаха уровня мочевой кислоты в сыворотке крови потомков разных быков-производителей голштинской породы

Fig. 1. Diagram of the range of the level of uric acid in the blood serum of the descendants of different bulls-producers of the Holstein breed

На рис. 2 показан полигон распределения креатинина в сыворотке крови потомков 4 быков-производителей голштинской породы.

Наблюдаются две вершины в распределении потомков быков Bonier, Brio по концентрации креатинина.



Рис. 2. Распределение содержания креатинина у потомков разных быков-производителей голштинской породы
Fig. 2. Distribution of creatinine content in the offspring of different Holstein bulls

При попарном сравнении показателей мочевины и креатинина, по которым было выявлено влияние быка-производителя, было установлено что сыновья быка Fabio имели самые низкие концентрации обоих показателей. Сыновья быка Bonier в паре Brio – Boniek характеризовались более высокими значениями сывороточной мочевины (Z statistic = -2,079065, $p = 0,0188^*$). В паре Fabio – Bonier эти же потомки имели более высокие концентрации мочевины (Z statistic = -2,466073, $p = 0,0068^*$). Концентрация креатинина у потомков быка Fabio была выше, чем у потомков быка Malstrem, в 1,69 раза (Z statistic = 1,838251, $p = 0,046^*$).

ВЫВОДЫ

1. Не выявлено статистически значимых межгрупповых различий с применением критерия Краскела-Уоллиса по содержанию

общего белка ($df = 3$, $N = 1,55$, $p = 0,67$), альбумина ($df = 3$, $N = 4,24$, $p = 0,23$), глобулинов ($df = 3$, $N = 0,7$, $p = 0,87$), альбумин-глобулинового коэффициента ($df = 3$, $N = 0,32$, $p = 0,96$) и мочевой кислоты ($df = 3$, $N = 2,31$, $p = 0,31$). Установлено влияние отца на уровень мочевины ($df = 3$, $N = 7,34$, $p = 0,049$) и креатинина ($df = 3$, $N = 4,8$, $p = 0,042$) в сыворотке крови потомков.

2. Анализ протеинограммы и уровня мочевины сыворотки крови потомков не выявил достоверных различий влияния отца, что свидетельствует о целенаправленном отборе в данной популяционной выборке голштинского скота.

3. Установленные различия по содержанию мочевины и креатинина могут служить биохимическим маркером влияния быков-производителей голштинской породы крупного рогатого скота на конечные этапы обмена белков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Качество спермопродукции и воспроизводительная способность быков-производителей красной степной породы ОАО племпредприятие «Барнаульское» / А.И. Желтиков, О.И. Себежко, О.С. Короткевич [и др.] // Вестник НГАУ. – 2017. – № 3(44). – С. 125–135.

2. *Элементный статус крови крупного рогатого скота голштинской породы в биогеохимических условиях Кемеровской области* / Н.И. Шишин, О.И. Себежко, Ю.И. Федяев [и др.] // Вестник НГАУ. – 2017. – № 3(44). – С. 70–79.
3. *Белковый статус крови голштинского скота, разводимого в Кемеровской области* / Е.П. Мазурина, О.И. Себежко, Н.И. Шишин [и др.] // Теория и практика современной аграрной науки: сборник национальной (Всероссийской) научной конференции / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – 2018. – С. 115–117.
4. *Захаров Л.М., Мусаев Ф.А. Продуктивность, белок в молоке и крови голштинских коров: зависимость от содержания протеина в корме* // Молочная промышленность. – 2015. – № 8. – С. 62–64.
5. *Тузов И.Н., Усенков И.С. Биохимическая характеристика сыворотки крови голштинских животных, завезенных из Канады нетелями* // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 88. – С. 841–861.
6. *Ермишин А.С., Тимаков А.В. Сравнительная оценка ветеринарно-зоотехнических показателей и биохимического состава крови у коров голштинской и ярославской породы* // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2015. – № 4. – С. 52–60.
7. *Смирнов В.М., Смирнова Н.В. Анализ развития сельского хозяйства в России в контексте реализации государственной программы* // Актуальные вопросы современной экономики. – 2020. – № 10. – С. 355–362. – DOI: 10.34755/IROK.2020.53.93.114. – EDN GVDVOA.
8. *Суханова С.Ф. Пути реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы* // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Курганской области (с. Лесниково, Кетовский район, Курганская обл., 19-20 апреля 2018 г.) / Курган. ГСХА им. Т.С. Мальцева, 2018. – 1336 с. – EDN XNECFV.
9. *Ермишин А.С., Тимаков А.В. Биохимические показатели адаптации коров разных пород в условиях Ярославской области* // Вестник АПК Верхневолжья. – 2015. – № 4(32). – С. 29–39.
10. *Белковый обмен у свиней кемеровской породы* / А.В. Назаренко, О.И. Себежко, В.А. Андреева [и др.] // Вестник НГАУ. – 2019. – № 4(53). – С. 55–64.
11. *Влияние бычков-производителей голштинской породы на уровень мочевины в сыворотке крови* / О.И. Себежко, К.Н. Нарожных, О.С. Короткевич [и др.] // Зоотехния. – 2021. – № 7. – С. 17–20. – DOI: 10.25708/ZT.2021.93.50.004. – EDN VMQDUW.
12. *Боголюбова Н.В., Романов В.Н., Рыков Р.А. Особенности обменных процессов в организме коров с использованием в рационах комплекса дополнительного питания* // Генетика и разведение животных. – 2019. – № 4. – С. 92–97. – EDN ZILCXI.
13. *Elevated serum uric acid levels are associated with endothelial dysfunction in HIV patients receiving highly-active antiretroviral therapy* / M. Pirro, V. Bianconi, E. Schiaroli [et al.] // Atherosclerosis. – 2018. – № 272. – P. 101–107. – DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2018.03.031.
14. *The link between insulin resistance parameters and serum uric acid is mediated by adiposity* / M. Mazidi, N. Katsiki, D.P. Mikhailidis [et al.] // Atherosclerosis. – 2017. – N 270. – P. 180–186. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2017.12.033.
15. *Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region* / L.V. Osadchuk, M.A. Kleschev, O.I. Sebezhko [et al.] // Iraqi Journal of Veterinary Sciences. – 2017. – Vol. 31, – N 1. – P. 35–42.
16. *Гормональный и метаболический статус бычков голштинской породы в эколого-климатических условиях Кемеровской области* / Л.В. Осадчук, О.И. Себежко, Н.Г. Шишин [и др.] // Вестник НГАУ. – 2017. – № 2(43). – С. 52–61.
17. *Corellations of some biochemical and hematological parameters with polymorphhism in α S1-casein and β -lactoglobbulin genes in Romanov sheep breed* / T.V. Konovalova, O.I. Sebezhko, L. Wenrong [et al.] // Proceedind International Symposium on Animal Science. 22nd-23rd November 2018 (ISAG). 22 University of Belgrade. – Zenum, Belgrade. – 2018. – P. 47.
18. *Merlot A.M., Kalinowski D.S., Richardson D.R. Unraveling the mysteries of serum albumin-more than just a serum protein* // Front Physiol. – 2014. – Vol. 5. – P. 299.

19. *Pharmacogenetic effects of angiotensin-converting enzyme inhibitors over age-related urea and creatinine variations in patients with dementia due to Alzheimer disease* / F. Ferreira de Oliveira¹, J. Berretta, E. Chen [et al.] // *Colombia Médica*. – 2016. – Vol. 47, – N 2. – P. 76–80.
20. *Evaluation of the diet wide contribution to serum urate levels: meta-analysis of population based cohorts* / T.J. Major, R.K. Topless, N. Dalbeth [et al.] // *BMJ*. – 2018. – N 363. – k3951. – DOI: 10.1136/bmj.k3951 10.1136/bmj.k3951.
21. *Prevalence of Hyperuricemia in Patients With Acute Heart Failure With Either Reduced or Preserved Ejection Fraction* / A. Palazzuoli, G. Ruocco, O. De Vivo [et al.] // *The American Journal of Cardiology*. – 2017. – N 120(7). – P. 1146–1150. – DOI: 10.1016/j.amjcard.2017.06.057 10.1016/j.amjcard.2017.06.057.
22. *Comparative assessment of radioactive strontium contents in the feedstuffs and dairy products of Western Siberia* / O.I. Sebezhko, V.L. Petukhov, V.A. Sokolov [et al.] // *Indian Journal of Ecology*. – 2017. – Vol. 44(3). – P. 662–666.
23. *Biochemical, hematological and mineral parameters in pigs of two breeds reared in large industrial complexes of Western Siberia* / O.I. Sebezhko, O.S. Korotkevich, T.V. Konovalova [et al.] // *Proceedings of the 3rd International Symposium for Agriculture and Food*. – ISAF, 2017. – P. 100.
24. *Direct determination of cooper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes* / T.V. Skiba, A.R. Tsygankova, N.S. Borisova [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Vol. 9(6). – P. 958–964.
25. *Hozo S.P., Djulbegovic B., Hozo I. Estimation the mean and variance from the median, range and the size of a sample [Электронный ресурс]* // *BMC Medical Research Methodology*. – 2005. – Vol. 5(1). – P. 13. – Режим доступа: <https://bmcmedresmethodol.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1471-2288-5-13> (дата обращения: 01.07.2022).
26. *Kruskal W.H., Wallis A. Use of ranks in one-criterion variance analysis* // *Journal of the American Statistical Association*. – 1952. – Vol. 47. – P. 583–621.
27. *Dunn O.J. Multiple comparisons using rank sums* // *Technometrics*. – 1964. – Vol. 6. – P. 241–252.
28. *Holm S. A simple sequentially rejective multiple test procedure* // *Scandinavian Journal of Statistics*. – 1979. – Vol. 6. – P. 65.

REFERENCES

1. Zheltikov A.I., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Marenkov V.G., Nezavitin A.G., Dement'ev V.N., Klimenok I.I., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 3 (44), pp. 125–135. (In Russ.)
2. Shishin N.I., Sebezhko O.I., Fedyaev Yu.I., Skiba T.V., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 3(44), pp. 70–79. (In Russ.)
3. Mazurina E.P., Sebezhko O.I., Shishin N.I., Nazarenko A.V., Fikhman E.V., *Teoriya i praktika sovremennoi agrarnoi nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Proceedings of the Conference Title, 2018, pp. 115–117. (In Russ.)
4. Zakharov L.M., Musaev F.A., *Molochnaya promyshlennost'*, 2015, No. 8, pp. 62–64. (In Russ.)
5. Tuzov I.N., Usenkov I.S., *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, No. 88, pp. 841–861. (In Russ.)
6. Ermishin A.S., Timakov A.V., *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh*, 2015, No. 4, pp. 52–60. (In Russ.)
7. Smirnov V.M., Smirnova N.V., *Aktual'nye voprosy sovremennoi ekonomiki*, 2020, No. 10. pp. 355–362, DOI: 10.34755/IROK.2020.53.93.114, EDN GVDVOA. (In Russ.)
8. Sukhanova S.F. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 75-letiyu Kurganskoi oblasti* (s. Lesnikovo, Ketovskii raion, Kurganskaya obl., 19-20 aprelya 2018 g.), Proceedings of the Conference Title, 2018, 1336 p., EDN XNECFV. (In Russ.)
9. Ermishin A.S., Timakov A.V., *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya*, 2015, No. 4 (32), pp. 29–39. (In Russ.)
10. Nazarenko A.V., Sebezhko O.I., Andreeva V.A., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Romanenko M.A., Klimanova E.A., Saurbaeva R.T., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L., Kochnev N.N., *Vestnik NGAU*, 2019, No. 4 (53), pp. 55–64. (In Russ.)
11. Sebezhko O.I., Narozhnykh K.N., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Tarasenko E.I., *Zootekhniya*, 2021, No. 7, pp. 17–20, DOI: 10.25708/ZT.2021.93.50.004, EDN VMQDUW. (In Russ.)

12. Bogolyubova N.V., Romanov V.N., Rykov R.A., *Genetika i razvedenie zhivotnykh*, 2019, No. 4, pp. 92–97, EDN ZILCXI. (In Russ.)
13. Pirro M., Bianconi V., Schiaroli E., Francisci D., Mannarino M.R., Bagaglia F., Baldell F., *Atherosclerosis*, 2018, No. 272, pp. 101–107, DOI:10.1016/j.atherosclerosis.2018.03.031. atherosclerosis.2018.03.031.
14. Mazidi M., Katsiki N., Mikhailidis D.P., Banach M., The link between insulin resistance parameters and serum uric acid is mediated by adiposity, *Atherosclerosis*, 2017, No. 270, pp. 180–186, DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2017.12.033 10.1016/j.atherosclerosis.2017.12.033.
15. Osadchuk L.V., Kleshev M.A., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Shishin N.I., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L., Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region, *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 2017, Vol. 31, No. 1, pp. 35–42.
16. Osadchuk L.V., Sebezhko O.I., Shishin N.G., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Petukhov V.L., Fikhman E.V., *Vestnik NGAU*, 2017, No. 2(43), pp. 52–61. (In Russ.)
17. Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Wenrong L., Liu M., Saurbaeva R.T., Korotkevich O.S., Narozhnykh K.N., Nazarenko A.V., Kamaldinov E.V., Andreeva V.A., Petukhov V.L., Popovski Z.T., Corellations of some biochemical and hematological parameters with polymorphhism in α S1-casein and β -lactoglobbubin genes in Romanov sheep breed, *Proceedind International Symposium on Animal Science*. 22nd-23rd November 2018 (ISAG). 22 University of Belgrade, Zenum, Belgrade, 2018, pp. 47.
18. Merlot A.M., Kalinowski D.S., Richardson D.R., Unraveling the mysteries of serum albumin—more than just a serum protein, *Front Physiol.* 2014, Vol. 5, pp. 299.
19. Ferreira de Oliveira F., Berretta J.M., Chen E.S., Smith M.C., Bertolucci P.H.F., Pharmacogenetic effects of angiotensin-converting enzyme inhibitors over age-related urea and creatinine variations in patients with dementia due to Alzheimer diseases, *Colombia Médica*, 2016, Vol. 47, No. 2, pp. 76–80.
20. Major T.J., Topless R.K., Dalbeth N., Merriman T.R., Evaluation of the diet wide contribution to serum urate levels: meta-analysis of population based cohorts, *BMJ*, 2018, No. 363, k3951, DOI: 10.1136/bmj.k3951 10.1136/bmj.k3951.
21. Palazzuoli A., Ruocco G., De Vivo O., Nuti R., McCullough P.A., Prevalence of Hyperuricemia in Patients With Acute Heart Failure With Either Reduced or Preserved Ejection Fraction, *The American Journal of Cardiology*, 2017, No. 120 (7), pp. 1146–1150, DOI: 10.1016/j.amjcard.2017.06.057 10.1016/j.amjcard.2017.06.057.
22. Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Kamaldinov E.V., Syso A.I., Marmuleva N.I., Narozhnykh K.N., Barinov E.Y., Osadchuk L.V., Sokolov V.A., Comparative assessment of radioactive strontium contents in the feedstuffs and dairy products of Western Siberia, *Indian Journal of Ecology*, 2017, Vol. 44 (3), pp. 662–666.
23. Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Biryulya I.K., Petukhov V.L., Kamaldinov E.V., Narozhnykh K.N., Osadchuk L.V., Biochemical, hematological and mineral parameters in pigs of two breeds reared in large industrial complexes of Western Siberia, *Proceedings of the 3rd International Symposium for Agriculture and Food*, ISAF, 2017, p. 100.
24. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Osadchuk L.V., Direct determination of cooper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9(6), pp. 958–964.
25. Hozo S.P., Djulbegovic B., Hozo I., Estimation the mean and variance from the median, range and the size of a sample, *BMC Medical Research Methodology*, 2005, Vol. 5(1), P. 13: <https://bmcmmedresmethodol.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1471-2288-5-13>.
26. Kruskal W.H., Wallis A., Use of ranks in one-criterion variance analysis, *Journal of the American Statisti-cal Association*, 1952, Vol. 47, pp. 583–621.
27. Dunn O.J., Multiple comparisons using rank sums, *Technometrics*, 1964, Vol. 6, pp. 241–252.
28. Holm S., A simple sequentially rejective multiple test procedure, *Scandinavian Journal of Statistics*, 1979, Vol. 6, pp. 65.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОБИОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА ПЛАНТАРУМ В КОРМЛЕНИИ СУКОЗНЫХ КОЗ

И.А. Функ, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральный Алтайский научный центр агrobiотехнологий, Барнаул, Россия

E-mail: funk.irishka@mail.ru

Ключевые слова: пробиотический препарат, козы, основной рацион, гематологические показатели, молочная продуктивность, качественные показатели молока, воспроизводительная способность, экономическая эффективность.

Реферат. Показана эффективность применения пробиотического препарата Плантарум в кормлении коз молочного направления продуктивности. Научно-хозяйственный опыт был проведен в условиях ООО К(Ф)Х «ЭкоФерма» с. Зудилово Первомайского района Алтайского края на помесных козах зааненской породы. Для проведения опыта было сформировано четыре группы сукозных коз по 20 голов в каждой. Животные 1-й (контрольной) группы получали основной хозяйственный рацион, сбалансированный по питательным веществам и энергии, а в рацион коз опытных групп во второй половине сукозности дополнительно был введен экспериментальный пробиотический препарат Плантарум (разработка ФГБНУ ФАНЦА отдел СибНИИС) в дозах 0,4 мл/кг массы тела в сутки для 2-й группы, 0,6 – для 3-й группы и 0,8 – для 4-й. Установлено, что скармливание пробиотического препарата Плантарум положительно отразилось на физиологическом состоянии подопытных животных. Так, у коз опытных групп по сравнению с контролем отмечено более высокое содержание гемоглобина – на 0,9 – 5,5 % ($p \leq 0,05$) и эритроцитов – на 3,8–15,2 % ($p \leq 0,05$). При анализе биохимических показателей крови коз опытных групп наблюдалась тенденция к повышению содержания общего кальция и неорганического фосфата. Наряду с этим в ходе опыта было установлено положительное влияние пробиотического препарата Плантарум на молочную продуктивность подопытных животных, что выражалось в повышении, относительно контроля, валового и среднесуточного удоя на 0,02 – 3,27 %. Применение пробиотика не оказало существенного влияния на плодовитость коз, но отразилось на сохранности их потомства, увеличив её на 3,0–6,3 %. Целесообразность применения пробиотического препарата Плантарум в рационах коз в дозах 0,6 и 0,8 мл/кг массы тела в сутки обоснована расчетами экономической эффективности.

THE EFFICIENCY OF USING THE PROBIOTIC DRUG “PLANTARUM” IN FEEDING GESTATION GOATS

I.A. Funk, Ph.D. in Agricultural Sciences

Federal Altai Scientific Center for Agricultural Biotechnology, Barnaul, Russia

E-mail: funk.irishka@mail.ru

Keywords: probiotic preparation, goats, basic diet, hematological indicators, milk productivity, milk quality indicators, reproductive ability, economic efficiency.

Abstract. In the article, the author presented the effectiveness of the use of the probiotic preparation Plantarum in feeding goats of the dairy direction of productivity. The scientific and economic experiment was carried out in the conditions of LLC K (F) X “EcoFarm” Zudilovo Pervomaisky district of the Altai Territory on crossbred goats of the Saanen breed. For the experiment, four groups of female goats were formed, 20 heads each. Animals of the 1st (control) group received the main economic diet, balanced in nutrients and energy. In the diet of goats of the experimental groups in the second half of pregnancy, an experimental probiotic preparation Plantarum was additionally introduced (developed by the FSBSI «Federal Altai Scientific Center for Agrobiotechnologies» department of Siberian Research Institute of Cheese Making (SibNIIS)) at doses of 0.4 ml/kg of body weight per day for the 2nd group, 0.6 - for the 3rd group and 0.8 for the 4th. The author found that feeding of the probiotic preparation Plantarum had a positive effect on the physiological state of the experimental animals. Thus, in goats of the experimental groups, compared with the control group, a higher content of hemoglobin was noted - by 0.9 - 5.5% ($p \leq 0.05$) and erythrocytes - by 3.8-15.2% ($p \leq 0.05$). When analyzing the biochemical parameters of the blood of goats of the experimental groups, there was a tendency to increase the total calcium and inorganic phosphate content. Along with this, during the experiment, a positive effect of the probiotic preparation “Plantarum” on the milk productivity of

experimental animals was established, which was expressed in an increase, relative to control, in gross and average daily milk yield by 0.02 - 3.27%. The use of the probiotic did not have a significant effect on the fertility of goats, but it affected the safety of their offspring, increasing it by 3.0–6.3%. The expediency of using the probiotic preparation Plantarum in the diets of goats at doses of 0.6 and 0.8 ml/kg of body weight per day is justified by cost-effectiveness calculations.

Создание и поддержание оптимальных условий кормления и содержания сельскохозяйственных животных и птицы является одним из определяющих факторов в обеспечении здоровья, сохранности, воспроизводительной способности животных и получения от них максимального выхода продукции, так как успешное развитие животноводства невозможно только за счет реализации генетического потенциала животных [1]. Однако в сложных техногенных и экономических условиях некоторых животноводческих хозяйств все чаще встречаются дисбактериозы и иммунодефициты, вызванные инфекционными и неинфекционными заболеваниями, что приводит к снижению продуктивности и сохранности животных [2, 3].

С целью защиты организма животного от патогенных и условно-патогенных микроорганизмов и, как следствие, повышения продуктивной способности животного сельхозтоваропроизводители все чаще используют в качестве альтернативы кормовым антибиотикам биологически активные препараты, в частности пробиотики [4–6]. Пробиотики считаются безопасными и экологически чистыми, так как включают в свой состав представителей нормальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта животных. Скармливание пробиотиков способствует лучшему перевариванию и усвоению питательных и биологически активных веществ кормов, нормализации метаболических процессов и повышению общей резистентности организма, что положительно сказывается на продуктивном потенциале животных [7–9].

Все вышеперечисленное обосновывает повышенный интерес со стороны отечественных и зарубежных ученых к разработкам пробиотических препаратов и использованию их в животноводстве. Однако необходимо отметить, что несмотря на активную практику применения пробиотиков в животноводстве, исследований по изучению влияния пробиотических препаратов на организм коз молочного направления продуктивности проведено достаточно мало.

Цель исследования – изучить влияние экспериментального пробиотического препарата Плантарум на физиологическое состояние и

продуктивные показатели коз молочного направления продуктивности.

Задачи исследования:

- оценить основной рацион подопытных коз в период эксперимента;
- исследовать влияние пробиотического препарата Плантарум на гематологические показатели помесных коз зааненской породы;
- проанализировать влияние пробиотика на молочную продуктивность коз;
- изучить воспроизводительную способность коз при использовании пробиотика Плантарум;
- определить экономическую эффективность использования в кормлении сукозных коз изучаемого пробиотика.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в условиях ООО К(Ф)Х «ЭкоФерма» с. Зудилово Первомайского района Алтайского края. Объектом исследования являлись половозрастные помесные козы зааненской породы в возрасте двух лет. Для проведения опыта методом групп-аналогов с учетом живой массы и возраста было сформировано четыре группы сукозных коз (три опытных и одна контрольная) по 20 голов в каждой.

Согласно схеме исследования, опытные группы коз, помимо основного рациона, дополнительно получали пробиотический препарат Плантарум (разработка ФГБНУ ФАНЦА отдел СибНИИС) в дозах 0,4 мл/кг массы тела в сутки для 2-й группы, 0,6 – для 3-й группы и 0,8 – для 4-й. Пробиотик вводили в рацион коз во второй половине сукозности в течение 28 дней.

Оценку питательности кормовой базы предприятия проводили с помощью анализатора кормов Интерагротех 4500 (ИК-4500). Гематологические показатели (морфологию и биохимию крови) изучали по общепринятым и стандартным методам биохимического анализа. Плодовитость коз и сохранность потомства (воспроизводительная способность) определяли путем учета всех родившихся и сохранившихся козлят до 4-месячного возраста из расчета на 100 окозлившихся маток.

Молочную продуктивность коз учитывали методом ежемесячных контрольных доек за 10 месяцев лактации. Экономическую эффективность результатов исследований оценивали по общепринятой методике Г.М. Лоза и др. [10] с учетом всех затрат на содержание животных, цены реализации продукции и полученной прибыли от ее реализации.

Полученный в ходе опыта числовой материал статистически обработан по Е.К. Меркурьевой [11] с использованием персонального компьютера и программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Условия кормления и содержания подопытных групп коз были одинаковые, организованные с учетом их физиологического состояния, живой массы и уровня продуктивности. С целью оценки полноценности кормления подопытных животных в ходе опыта (период введения пробиотика – вторая половина сукозности) был изучен рацион кормления и питательная ценность кормов (табл. 1).

Таблица 1

Основной рацион молочных коз во второй половине сукозности
The main diet of dairy goats in the second half of gestation

Корм	Суточная дача, кг	ЭКЕ	Сухое вещество, кг	Переваримый протеин, г	Сырая клетчатка, г	Каротин, мг	Са, г	Р, г
Овес	0,4	1,0	0,97	98,0	103,0	-	0,4	1,2
Сено луговое	1,0	0,81	0,97	52,0	351,0	-	4,6	1,7
Солома овсяная	0,8	0,65	0,95	20,0	412	-	3,0	1,2
Корнеплоды (морковь)	1,0	0,2	0,12	7,0	0,9	30,0	0,6	0,5

Принятый в хозяйстве рацион полностью удовлетворяет потребности животных в основных питательных веществах в данный физиологический период, что свидетельствует о полноценном и сбалансированном кормлении коз молочного направления продуктивности.

Важную роль в эффективной работе отрасли животноводства играет здоровье животных. Здоровье подопытных коз контролировалось при формировании групп и по завершении скармливания пробиотика (через 28 дней). О физиологическом состоянии жи-

вотных можно судить по морфологическим и биохимическим показателям крови, так как кровь является внутренней средой организма, обеспечивающей его нормальное функционирование и жизнедеятельность [12]. Исследование крови подопытных коз, проведенное после скармливания пробиотического препарата Плантарум, показало, что основные гематологические показатели находились в пределах физиологической нормы (табл. 2). Однако отмечены некоторые особенности картины крови коз опытных групп.

Таблица 2

Гематологические показатели подопытных коз
Hematological parameters of experimental goats

Показатели	Группа			
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная
Гемоглобин, г/л	106,5±1,64	107,5±1,92	111,3±2,07	112,4±1,94*
Эритроциты, 10 ¹² /л	10,5±0,36	10,9±0,74	11,2±1,24	12,1±1,34*
Общий белок, г/л	68,10±1,84	68,32±1,50	68,68±1,90	69,24±0,17
Са, ммоль/л	3,06±0,40	3,12±0,41	3,14±0,42	3,18±0,43
Р, ммоль/л	1,96±0,24	2,00±0,21	2,01±0,21	2,03±0,22

*p≤0,05; *p≤0,01; *p≤0,001.

Полученные результаты показывают, что в опытных группах по сравнению с контролем содержание гемоглобина крови увеличилось на 0,9–5,5 % (p≤0,05), уровень эритроцитов –

на 3,8–15,2 % (p≤0,05), что свидетельствует о повышении обменных процессов, а следовательно, о лучшем переваривании и усвоении питательных веществ корма, что может поло-

жительно отразиться на молочной продуктивности.

По содержанию общего кальция и неорганического фосфата в крови коз опытных групп была отмечена тенденция к повышению этих показателей минерального обмена в отношении контрольной группы. Таким образом, гематологические показатели коз опытных групп свидетельствуют о положительном влиянии пробиотического препарата Плантарум на физиологический статус подопытных животных.

Положительное влияние пробиотиков на функциональное состояние жвачных животных подтверждается и в исследованиях А.И. Афанасьевой, В.А. Сарычева и С.Г. Катоманова [13], в которых скормливание пробиотического препарата Ветом 4.24 сукозным овцематкам способствовало повышению

уровня эритроцитов и гемоглобина в крови животных на 19,5 и 13,5 % соответственно.

Реализация генетического потенциала продуктивности животного осуществляется только при создании благоприятных условий кормления и содержания. По данным некоторых исследователей, использование биологически активных добавок, в частности пробиотиков, в рационах молочных животных положительно сказывается на их молочной продуктивности [14, 15]. Исходя из того, что повышение молочной продуктивности положительно отразится как на воспроизводстве поголовья, так и на экономической эффективности сельхозпредприятия, в ходе опыта было изучено влияние экспериментального пробиотического препарата Плантарум на молочную продуктивность коз (рис. 1) и химический состав молока (рис. 2).

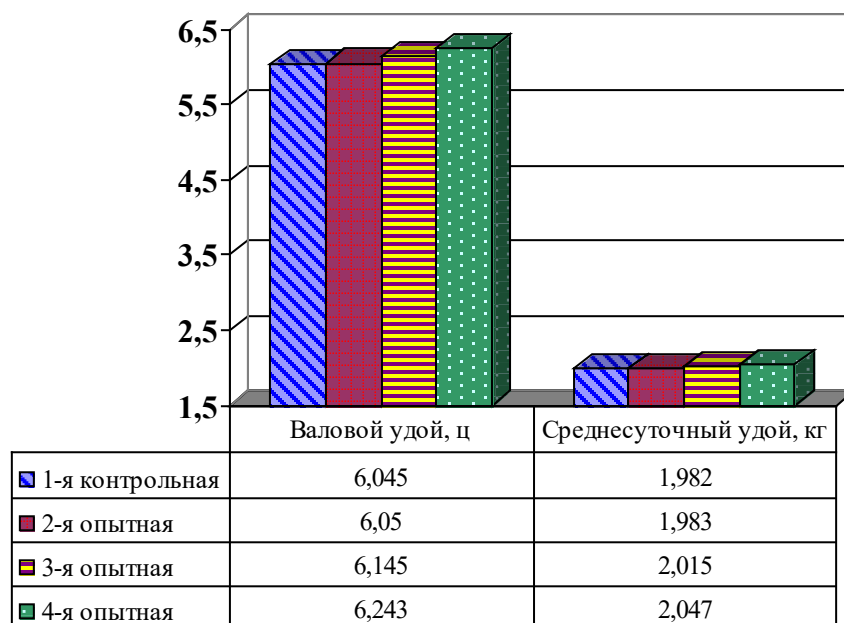


Рис. 1. Молочная продуктивность коз за 305 дней лактации
Milk production of goats for 305 days of lactation

Согласно результатам анализа молочной продуктивности подопытных животных, введение в рацион коз во второй половине сукозности экспериментального пробиотического препарата Плантарум положительно отразилось на количественных показателях молока за счет повышения обменных процессов организма, на что указывают морфологические и биохимические показатели крови коз. В результате применения пробиотика валовой и среднесуточный удой коз за весь период лактации увеличился во 2-й группе на 0,02 %, в

3-й – на 1,66 ($p \leq 0,05$) и на 3,27 % ($p \leq 0,01$) в 4-й группе относительно контроля.

Полученные в ходе опыта данные согласуются с исследованиями В.В. Солдатовой, Д.В. Соболева и др. [14] в которых показано, что скормливание кормовой добавки Профорт, включающей в свой состав фермент и пробиотик, лактирующим козам в дозе 20 г/гол. в сутки увеличило среднесуточный удой на 13,0–15,0 %, а также с опытами М.Г. Пушкарева [16], где применение пробиотической добавки Бацел М лактирующим козам

способствовало повышению молочной продуктивности коз на 13,9 % при дозе введения пробиотика 20 г/гол. в сутки, на 19,1 % при дозе введения 40 и на 20,2 % при дозе введения 60 г/гол. в сутки.

Необходимо отметить, что применение пробиотика оказало положительное влияние не только на количественные, но и на качественные показатели молока (см. рис. 2).

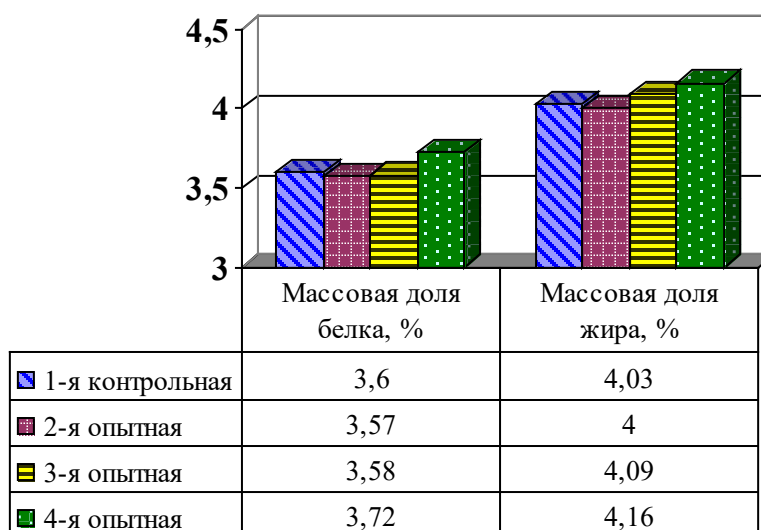


Рис. 2. Качественные показатели молока коз за 305 дней лактации
Quality indicators of goat milk for 305 days of lactation

Важным показателем качества молока сельскохозяйственных животных является содержание в нем массовой доли жира и белка. Белок обладает высокой биологической ценностью, так как содержит незаменимые аминокислоты, принимающие участие в построении клеток организма, ферментов, защитных тел, гормонов и т.д.

Анализ химического состава молока коз подопытных групп показал, что содержание белка во всех опытных группах находилось в пределах нормы для данного вида животных, регламентируемой ГОСТ 32940-2014 (не менее 2,8 %) [17]. Массовая доля белка за лактацию варьировала в пределах от $3,57 \pm 0,11$ до $3,72 \pm 0,22$ %. Животные 2-й и 3-й опытных групп по содержанию белка в молоке уступали аналогам контрольной группы на 0,83 и 0,56 %, а особи 4-й группы превышали контрольную группу на 3,33 %.

Содержание жира в молоке зависит главным образом от кормления. В ходе опыта было установлено, что массовая доля жира в молоке всех опытных групп также находилась в пределах нормы для данного вида животных (не менее 3,2 %). Содержание жира за лактацию составило $4,03 \pm 0,10$ % в 1-й группе, $4,00 \pm 0,08$ – во 2-й, $4,09 \pm 0,24$ % – в 3-й и $4,16 \pm 0,22$ % – в 4-й группе. Данный показа-

тель за лактацию в 3-й и 4-й экспериментальных группах превосходил контроль на 1,49 и 3,22 % соответственно.

Таким образом, можно отметить, что в молоке коз, получавших в дополнение к основному рациону пробиотический препарат Плантарум в дозах 0,6 и 0,8 мл/кг массы тела в сутки, отмечено увеличение массовой доли жира и белка в сравнении с контролем.

О повышении массовой доли жира в козьем молоке при применении пробиотических препаратов свидетельствуют и результаты исследований Z. Ma et al. [18], в которых показано, что при скармливании пробиотика на основе *Enterococcus faecalis* концентрация жира в молоке повысилась на 11,7 %.

Немаловажным аспектом в животноводстве является воспроизводительная способность маток. Плодовитость маток и сохранность их потомства сказываются на экономических показателях предприятия. Повышение данных показателей способствует росту выхода продукции и, как следствие, снижению затрат на ее производство.

При введении пробиотического препарата Плантарум в рацион сукозных коз существенного влияния на плодовитость подопытных животных не установлено (табл. 3).

Таблица 3

Воспроизводительная способность подопытных коз
Reproductive capacity of experimental goats

Показатель	Группа			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Количество осемененных маток, гол.	20	20	20	20
Количество окозлившихся маток, гол.	20	20	20	20
Родилось живых козлят, гол.	32	32	31	32
в т.ч.: одинцов	8	8	9	8
двоен	24	24	22	24
Абортов, мертворожденных, гол.	-	-	-	-
Всего получено козлят, гол.	32	32	31	32
в т.ч.: козлики	15	16	15	16
козочки	17	16	16	16
Плодовитость, %	160,0	160,0	155,0	160,0
Сохранено козлят к 4-месячному возрасту, гол.	28	28	28	30
Сохранность, %	87,5	87,5	90,5	93,8
Деловой выход козлят на 100 маток, %	140,0	140,0	140,0	150,0

Плодовитость составила 155,0 % в 3-й группе и 160,0 % в 1, 2 и 4-й группах. Полученные результаты находятся в пределах нормы для данной породы. Однако необходимо отметить, что увеличение дозы введения пробиотического препарата Плантарум в рацион сукозных коз способствовало повышению сохранности их потомства. Наибольшая сохранность – 93,8 % наблюдалась в 4-й опытной группе, где доза введения пробиотика составила 0,8 мл/кг массы тела/сут. Сохранность потомства 3-й и 4-й групп превосходила сохранность потомства 1-й контрольной группы на 3,0 и 6,3 % соответственно. Деловой выход козлят на 100 маток составил 150 % в 4-й группе и 140 % в 1, 2 и 3-й группах.

Оценивая эффективность результатов исследования, необходимо учитывать не только зоотехнические показатели, но и считать экономическую составляющую, так как деятельность любого предприятия ориентирована на получение прибыли. Как показали расчеты, скармливание животным опытных групп пробиотического препарата Плантарум позволило снизить затраты кормов на получение 1 кг молока на 1,63 % в 3-й группе и на 2,23 % в 4-й группе, что способствовало увеличению выручки от реализации молока в этих группах на 2,71 и 3,99 %, а также позволило получить больше дохода на 14,06 и 14,00 %. Экономический эффект за лактацию в 3-й и 4-й группах составил 629,1 и 626,6 руб. на голову за лактацию соответственно. Во 2-й группе, напротив, происходило снижение дохода на 0,2 %, что привело к отрицательному экономическому эффекту, который составил 10,85 руб. на голову за лактацию. Полученные

данные по экономической эффективности указывают на целесообразность применения пробиотического препарата Плантарум в рационе коз молочного направления продуктивности в дозе 0,6 мл/кг массы тела/сут.

ВЫВОДЫ

1. Принятый в хозяйстве рацион полностью удовлетворяет потребности животных в основных питательных веществах, что свидетельствует о полноценности кормления подопытных животных.

2. Пробиотический препарат Плантарум в рационе сукозных коз способствовал увеличению содержания гемоглобина крови от 0,9 до 5,5 % ($p \leq 0,05$) и уровня эритроцитов от 3,8 до 15,2 % ($p \leq 0,05$).

3. Введение экспериментального пробиотического препарата Плантарум в рацион сукозных коз положительно отразилось как на количественных, так и на качественных показателях молока.

4. Применение пробиотика не оказало существенного влияния на плодовитость коз, но отразилось на сохранности их потомства, увеличив её на 3,0–6,3 %.

5. При экономическом обосновании результатов научно-хозяйственного опыта установлена эффективность применения экспериментального пробиотического препарата Плантарум в рационе коз молочного направления продуктивности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буяров В.С., Мальцева М.А., Алдобаева Н.А. Научно-практическое обоснование применения пробиотиков в молочном скотоводстве и мясном птицеводстве // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2018. – № 2. – С. 79–86.
2. Бондаренко В.М., Воробьев А.А. Дисбиозы и препараты с пробиотической функцией // Микробиология. – 2004. – № 1. – С.84–92.
3. Шагалиев Ф.М., Нигматуллина Г.Ф., Шарафгалеев Р.Т. Роль пробиотиков при выращивании здоровых телят // Главный зоотехник. – 2014. – № 12. – С. 9–12.
4. Оценка влияния пробиотика Ветом 1.1 на некоторые показатели роста и морфобиохимического состава крови телят / С.А. Шевченко, Ю.Н. Федоров, А.И. Шевченко [и др.] // Вестник НГАУ. – 2018. – № 4 (49). – С. 156–161.
5. Бирюков О.И. Использование пробиотического препарата «Ветом 1.1» при выращивании молодняка овец // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2015. – № 3. – С. 24–26.
6. Doyle M.E. Alternatives to Antibiotic Use for Growth Promotion in Animal Husbandry // Food Research Institute. – 2001. – P. 1–17.
7. Смирнова Ю.М., Литонова А.С., Платонова А.В. Эффективность использования пробиотиков в кормлении дойных коров // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 9. – С. 145–151.
8. Панин А.Н., Малик Н.И. Пробиотики – неотъемлемый компонент рационального кормления животных // Ветеринария. – 2006. – № 6. – С. 3–6.
9. Probiotic administration effect on fecal mutagenicity and microflora in the goat's gut / A.L. Apas, J. Dupraz, R. Ross [et al.] // J. Biosci Bioeng. – 2010. – Vol. 110. – P. 537–540.
10. Лоза Г.М., Удовенко Е.Я., Вовк В.К. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М.: Колос, 1980. – 112 с.
11. Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. – М.: Колос, 1970. – 424 с.
12. Осипова Н.А., Магер С.Н., Попов Ю.Г. Лабораторные исследования крови животных. – Новосибирск, 2003. – 48 с.
13. Афанасьева А.И., Сарычев В.А., Катаманов С.Г. Морфологические и биохимические показатели крови суягных овцематок при использовании пробиотика «Ветом 4.24» // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2018. – № 4. – С. 53–56.
14. Влияние кормовой добавки Профорт на микрофлору рубца и продуктивность дойных коз / В.В. Солдатов, Д.В. Соболев, Н.И. Новикова [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. – 2018. – № 5. – С. 24–28.
15. Utza E.M., Apas A.L., Diaze M.A. Goat milk mutagenesis is influenced by probiotic administration // Small Ruminant Research. – 2018. – Vol. 161. – P. 24–27.
16. Пушкарев М.Г. Влияние пробиотиков на лактационную деятельность коз // 90-летие зоотехнического факультета ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова: материалы уац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Саратов: РИО Саратовского ГАУ, 2020. – С. 117–120.
17. ГОСТ 32940–2014. Молоко козье сырое. Технические условия. – Стандартинформ, 2015. – 53 с.
18. Positive effects of dietary supplementation of three probiotics on milk yield, milk composition and intestinal flora in Sannan dairy goats varied in kind of probiotics / Z. Ma, Y. Cheng, S. Wang [et al.] // J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. – 2020. – Vol. 104. – P. 44–45.

REFERENCES

1. Buyarov V.S., Mal'tseva M.A., Aldobaeva N.A., *Agrarnyi vestnik Verkhnevolzh'ya*, 2018, No. 2. pp. 79–86 (In Russ.).
2. Bondarenko V.M., Vorob'ev A.A., *Mikrobiologiya*, 2004, No. 1, pp. 84–92 (In Russ.).
3. Shagaliyev F.M., Nigmatullina G.F., Sharafgaliev R.T., *Glavnyi zootekhnik*, 2014, No. 12, pp. 9–12 (In Russ.).

4. Shevchenko S.A., Fedorov Yu.N., Shevchenko A.I., Zhdanov V.G., Surtaeva L.I., *Vestnik NGAU*, 2018, No. 4 (49), pp. 156-161 (In Russ.).
5. Biryukov O.I., *Ovtsy, kozy, sherstyanoie delo*, 2015, No. 3, pp. 24–26 (In Russ.).
6. Doyle M.E., Alternatives to Antibiotic Use for Growth Promotion in Animal Husbandry, *Food Research Institute*, 2001, pp. 1–17.
7. Smirnova Yu.M., Litonona A.S., Platonova A.V., *Vestnik KrasGAU*, 2020, No. 9, pp. 145–151 (In Russ.).
8. Panin A.N., Malik N.I., *Veterinariya*, 2006, No. 6, pp. 3–6 (In Russ.).
9. A.L. Apas, J. Dupraz, R. Ross, S.N. Gonsales, M.E. Arena, Probiotic administration effect on fecal mutagenicity and microflora in the goat's gut, *J. Biosci Bioeng*, 2010, No. 110, pp. 537–540.
10. Loza G.M., Udovenko E.Ya., Vovk V.K., *Metodika opredeleniya ekonomicheskoi effektivnosti ispol'zovaniya v sel'skom khozyaistve rezul'tatov nauchno-issledovatel'skikh rabot, novoi tekhniki, izobretenii i ratsionalizatorskikh predlozhenii* (Methodology for economic evaluation of the efficiency of use in agriculture), Moscow, Kolos, 1980, 112 p.
11. Merkur'eva E.K., *Biometriya v selektsii i genetike sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Biometrics in breeding and genetics of farm animals), Moscow, Kolos, 1970, 424 p.
12. Osipova N.A., Mager S.N., Popov Yu.G., *Laboratornye issledovaniya krovi zhivotnykh* (Laboratory tests of animal blood), Novosibirsk, 2003, 48 p.
13. Afanas'eva A.I., Sary'chev V.A., Katamanov S.G., *Ovcy, kozy, sherstyanoie delo*, 2018, No. 4, pp. 53–56 (In Russ.).
14. Soldatova V.V., Sobolev D.V., Novikova N.I., Il'ina L.A., Filippova V.A., Gorbacheva E.E., Movsisyan A.G., *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2018, No. 5, pp. 24–28 (In Russ.).
15. Utza E.M., Apas A.L., Diazc M.A., Goat milk mutagenesis is influenced by probiotic administration, *Small Ruminant Research*, 2018, No. 161, pp. 24–27.
16. Pushkarev M.G., *Vlijanie probiotikov na laktacionnuju dejatel'nost' koz* (The effect of probiotics on the lactation activity of goats), Proceedings of the Conference Title, Saratov, 2020, pp. 117–120 (In Russ.).
17. GOST 32940–2014. *Moloko koz'e syroe. Tekhnicheskie usloviya* (Raw goat's milk. Specifications), Standartinform, 2015, 53 p.
18. Ma, Z., Cheng, Y., Wang, S., et al., Positive effects of dietary supplementation of three probiotics on milk yield, milk composition and intestinal flora in Sannan dairy goats varied in kind of probiotics, *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr*, 2020, No. 104, pp. 44–45.

МОРФОЛОГИЯ ДУГИ АОРТЫ И ЕЁ ВЕТВЕЙ У КОШЕК ПОРОДЫ МЕЙН-КУН

В.А. Хватов, кандидат ветеринарных наук, ассистент

М.В. Щипакин, доктор ветеринарных наук, доцент

С.С. Глушенок, кандидат ветеринарных наук, ассистент

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Россия

E-mail: m.shchipakin@yandex.ru

Ключевые слова: кошка, аорта, плечеголовная артерия, общая сонная артерия, позвоночная артерия, дуга аорты.

Реферат. Морфология дуги аорты и ее ветвей заслуживает особого внимания. В зависимости от вида животного ветви дуги аорты имеют разную последовательность, а иногда и разные закономерности отхождения. У всех млекопитающих имеется левая дуга аорты, выходящая из левого желудочка сердца. Остатком правой дуги аорты является правая подключичная артерия, которая может отходить от плечеголовной артерии, плечеголового ствола или самостоятельно от дуги аорты. Использование в качестве методов визуальной диагностики компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии, ангиографии с внутривенным введением контрастных препаратов требует четких знаний вариационной морфологии дуги аорты, учитывая породные особенности. Цель исследования – изучить морфологию дуги аорты и её ветвей у кошек породы мейн-кун и дать их морфометрическую характеристику. Материалом для исследования послужили трупы кошек породы мейн-кун, всего исследовано 5 животных (две самки и три самца). В качестве методов исследования были выбраны тонкое анатомическое препарирование инъецированных латексом артерий и морфометрия. В ходе исследования установлено, что у кошек породы мейн-кун от дуги аорты отходят плечеголовная артерия и левая подключичная артерия. Тип деления плечеголовной артерии – бифуркационный, происходит разделение на правую подключичную артерию и ствол общих сонных артерий. Правая и левая подключичные артерии последовательно отдают ветви: позвоночную артерию, внутреннюю грудную, реберно-шейный ствол, плечешейный ствол. Различия в ветвлении отмечаются лишь по первой ветви правой подключичной артерии, которой является внутренняя грудная артерия. При анализе полученных морфометрических данных установлено, что диаметр плечеголовной артерии был достоверно больше диаметра левой подключичной артерии – в 1,64 раза, а диаметр общей сонной артерии больше диаметра позвоночной артерии в 2,20 раза. Анализ площади сечения основных ветвей подключичных артерий показывает, что максимальное развитие получают реберно-шейный ствол и внутренняя грудная артерия.

MORPHOLOGY OF THE AORTIC ARCH AND ITS BRANCHES IN MAINE COON CATS

V.A. Khvatov, Ph.D. in Veterinary Sciences, Assistant

M.V. Shchipakin, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor

S.S. Glushonok, Ph.D. in Veterinary Sciences, Assistant

St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russia

E-mail: m.shchipakin@yandex.ru

Keywords: cat, aorta, brachiocephalic artery, common carotid artery, vertebral artery, aortic arch.

Abstract. The morphology of the aortic arch and its branches deserves special attention. The branches of the aortic arch have a different sequence and sometimes different patterns of discharge depending on the type of animal. All mammals have a left aortic arch that emerges from the left ventricle of the heart. The remnant of the right aortic arch is the right subclavian artery, which may originate from the brachiocephalic artery, brachiocephalic trunk, or independently from the aortic arch. The use of computed tomography and magnetic resonance imaging, and angiography with intravenous contrast agents as methods of visual diagnostics requires a clear knowledge of the variational morphology of the aortic arch, taking into account breed characteristics. The study aims to study the morphology of the aortic arch and its branches in Maine Coon cats and to determine their morphometric characteristics. The material for the study was the corpses of Maine Coon cats. The authors studied only five animals (two females and three males). The authors chose fine anatomical dissection of latex-injected arteries and morphometry as research methods. The study found that in Maine Coon cats, the brachiocephalic artery and the left subclavian artery depart from the aortic arch. The type of division of the brachiocephalic artery is bifurcation, there is a division into the right subclavian artery and the trunk of the common carotid arteries. The right and left

subclavian arteries successively give off branches: the vertebral artery, the internal thoracic, costocervical trunk, and the brachial trunk. Differences in branching are noted only along the first branch of the right subclavian artery which is the internal thoracic artery. When analyzing the obtained morphometric data the authors found that the diameter of the brachiocephalic artery was significantly greater than the diameter of the left subclavian artery - 1.64 times and the diameter of the common carotid artery was 2.20 times greater than the diameter of the vertebral artery. An analysis of the cross-sectional area of the main branches of the subclavian arteries shows that the costocervical trunk and the internal thoracic artery receive the maximum development.

Морфология дуги аорты и ее ветвей заслуживает особого внимания. В зависимости от вида животного ветви дуги аорты имеют разную последовательность, а иногда и разные закономерности отхождения. У всех млекопитающих имеется левая дуга аорты, выходящая из левого желудочка сердца. Остатком правой дуги аорты является правая подключичная артерия, которая может отходить от плечеголовной артерии, плечеголовного ствола или самостоятельно от дуги аорты.

Вариабельность ветвления плечеголовного ствола, плечеголовной артерии и подключичных артерий значительна [1–3]. В ряде случаев единственной ветвью, отходящей непосредственно от дуги аорты, является плечеголовной ствол, что наблюдается у жвачных животных и лошадей [1, 2]. Для свиней и хищных животных характерны две основные ветви дуги аорты: плечеголовная и левая подключичная артерии [1–6]. У человека от дуги аорты отходят три ветви: плечеголовной ствол, левая общая сонная и левая подключичная артерии [7]. Основная причина межвидовых различий заключается в изменении ширины грудной клетки и топографии сердца.

В литературных источниках встречается описание межпородных различий в морфологии ветвей дуги аорты. Так, у кошек отмечают три типа ветвления плечеголовной артерии [8]. Для первого типа характерно трифуркационное разделение магистральной артерии на левую и правую общие сонные артерии и правую подключичную артерию; для второго – ответвление левой общей сонной артерии и общий ствол для правой общей сонной и подключичной артерий; для третьего – бифуркационное разделение магистрали на ствол общих сонных артерий и правую подключичную артерию.

Выбранная для исследования порода кошек – мейн-кун – является одной из самых популярных пород в мире. Это крупнейшая порода: самцы весят от 5,9 до 8,2 кг (кастрированные – до 15 кг), а самки – от 3,6 до 5,4 кг (кастрированные – до 7,5–8,5 кг). Одной из самых распространенных болезней сердечно-сосудистой системы у кошек породы мейн-кун является генетически обусловленная гипертрофическая кардиомиопатия, а также врожденные пороки развития дуги аорты. Среди последних ветеринарными врачами

регистрируются чаще всего аномалии сосудистого кольца. В патогенезе болезни лежит порок развития магистральных сосудов и их ветвей, которые окружают грудную часть пищевода и вызывают его обструкцию (правая дуга аорты, левая дуга аорты с правой артериальной связкой, двойная дуга аорты) [9].

Использование в качестве методов визуальной диагностики компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии, ангиографии с внутривенным введением контрастных препаратов требует четких знаний вариационной морфологии дуги аорты, учитывая породные особенности. Синтопию ветвей дуги аорты также следует иметь в виду при проведении хирургических вмешательств на грудной клетке (торакоцентез, перикардиоцентез и др.).

Изучив доступную нам литературу, мы не встретили данных, касающихся ветвления дуги аорты у кошек породы мейн-кун. Ввиду этого мы поставили цель – изучить морфологию дуги аорты и её ветвей у кошек породы мейн-кун и дать их морфометрическую характеристику.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для исследования послужили трупы кошек породы мейн-кун, доставленные из ветеринарных клиник города Санкт-Петербурга на кафедру анатомии ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины. Всего было исследовано 5 животных. Возраст исследованных животных 3–5 лет, пол: две самки и три самца.

В качестве методов исследования были выбраны тонкое анатомическое препарирование и морфометрия. Для тонкого анатомического препарирования сосудистое русло предварительно заполняли латексом, окрашенным в розовый цвет. Для этого объекты исследования помещали в ванны с теплой водой (42–45°C) для разогревания органов и тканей. Доступ к сосудистому руслу для инъекции латекса осуществляли через брюшную аорту. После инъектирования трупы выдерживали в 10%-м буферном растворе формальдегида 3–5 суток, после чего подвергали препарированию и проводили морфометрию изуча-

емых ветвей. Измерения проводили при помощи электронного штангенциркуля Stainless hardened с ценой деления 0,05 мм [10].

Обработку полученных морфометрических данных проводили в программе Excel.

При указании анатомических терминов использовали международную ветеринарную анатомическую номенклатуру пятой редакции [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из левого желудочка сердца выходит самый крупный артериальный сосуд – аорта (aorta). Её диаметр в области луковицы (bulbus aortae) составляет $9,58 \pm 0,61$ мм. Первоначально аорта направляется краниально, а далее меняет направление на каудодорсальное и поднимается к телам грудных позвонков, формируя дугу аорты (arcus aortae).

Первой ветвью, отходящей от дуги аорты, является плечеголовная артерия (a. brachiocephalica). Последняя ответвляется на уровне четвертого ребра от краниальной поверхности дуги аорты и по вентральной поверхности трахеи следует краниолатерально (рис. 1). Диаметр плечеголовной артерии составляет $5,93 \pm 0,38$ мм. Ряд авторов [8] показывают, что от дуги аорты у кошек отходит плечеголовной ствол, другие [5, 12] отмечают данный сосуд как плечеголовную артерию.

Плечеголовная артерия участвует в васкуляризации органов и тканей головы, грудной

стенки справа и правой грудной конечности. Её протяженность от места отхождения до разделения на ветви составляет $22,97 \pm 1,34$ мм.

От плечеголовной артерии в краниальном направлении отходит ствол общих сонных артерий (truncus bicaroticus), после чего она продолжается как правая подключичная артерия (a. subclavis dextra).

В отхождении общих сонных артерий у кошек существует несколько вариаций. Так, некоторые авторы [12] отмечают самостоятельное ответвление левой общей сонной, а затем правой. У всех исследованных кошек породы мейн-кун нами отмечено отхождение общих сонных артерий стволом. Его диаметр составлял $3,82 \pm 0,19$ мм. Пройдя $0,59 \pm 0,03$ мм краниально, ствол общих сонных артерий дихотомически делится на правую и левую общие сонные артерии (a. carotis communis dexter et sinister).

Правая общая сонная артерия следует краниально, пересекает вентральную поверхность трахеи и переходит на ее вентролатеральную поверхность, располагаясь под плечеподъязычной мышцей.

Левая общая сонная артерия располагается аналогично сосуду противоположной стороны, соприкасаясь с левой вентролатеральной поверхностью трахеи.

Диаметр общих сонных артерий был практически равным и составил $2,63 \pm 0,17$ мм.

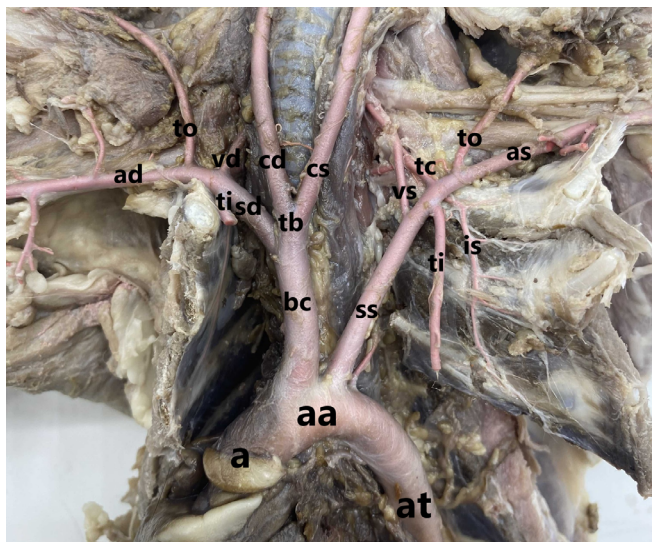


Рис. 1. Ветви дуги аорты кошки породы мейн-кун. Тонкое анатомическое препарирование:

a – aorta; aa – arcus aortae; ad – a. axillaris dextra; as – a. axillaris sinistra;
at – aorta thoracica; bc – a. brachiocephalica; cd – a. carotis communis dextra;
cs – a. carotis communis sinistra; is – a. intercostalis suprema; sd – a. subclavia dextra; ss – a. subclavia sinistra; tb –
truncus bicaroticus; tc – truncus costocervicalis; ti – a. thoracica interna; to – truncus omocervicalis; vd – a. vertebralis
dextra; vs – a. vertebralis sinistra

Fig. 1. Branches of the aortic arch of a Maine Coon cat. Fine anatomical dissection

Для плечеголовной артерии у исследуемых кошек характерен бифуркационный тип деления: после отхождения ствола общих сонных артерий она продолжается как правая подключичная артерия (*a. subclavia dextra*). Она начинается в плоскости второго межреберья, следует краниолатерально $11,06 \pm 0,84$ мм и отдает первую ветвь. Диаметр правой подключичной артерии составляет $3,61 \pm 0,27$ мм.

Второй ветвью дуги аорты у кошки является левая подключичная артерия (*a. subclavia sinistra*). Она ответвляется от дуги аорты на расстоянии $1,83 \pm 0,11$ мм после отхождения плечеголовной артерии. Ввиду своего расположения левая подключичная артерия характеризуется значительной протяженностью, её длина составляет $30,58 \pm 2,67$ мм.

Ветви правой и левой подключичных артерий имеют сходное распределение, но некоторые отличия в происхождении. Так, первой ветвью правой подключичной артерии является правая внутренняя грудная артерия, а левой – левая позвоночная артерия. Рассмотрим топографию ветвей подключичных артерий.

Позвоночная артерия (*a. vertebralis*) отходит от дорсальной поверхности подключичных артерий и следует краниодорсально, поднимаясь к поперечному отверстию шестого шейного позвонка, где погружается в поперечный канал шейных позвонков. В каждом сегменте позвоночного столба от ее дорсальной и вентральной поверхностей отходят тонкие мышечные ветви (дорсальные – в лестничные мышцы, плечепоперечную, вентральную зубчатую мышцу шеи, вентральные – в длинную мышцу головы и шеи, отдельные ветви достигают грудино-головной и плечеголовной мышц). От медиальной поверхности позвоночной артерии отходят спинномозговые ветви, которые проникают через межпозвонковое отверстие в позвоночный канал и участвуют в кровоснабжении спинного мозга. Конечные ветви позвоночной артерии принимают участие в кровоснабжении головного мозга у многих животных [13–15].

Левая позвоночная артерия отходит от левой подключичной артерии во втором межреберье, правая – в первом. Диаметр позвоночной артерии в среднем составляет $1,20 \pm 0,08$ мм.

Внутренняя грудная артерия (*a. thoracica interna*) отходит от каудальной поверхности

подключичных артерий и имеет каудовентральное направление. Сосуды противоположных сторон сближаются в срединной плоскости и погружаются под поперечную грудную мышцу. Внутренняя грудная артерия проходит по дорсальной поверхности грудины и в каждом сегменте отдает вентральные межреберные артерии (*aa. intercostales ventrales*) и прободающие ветви (*rami perforantes*). Вентральные межреберные артерии направляются дорсально, проходят вблизи краниального края ребер с третьего по восьмое. Они хорошо различимы при инъекции, так как располагаются под внутригрудной фасцией. Прободающие ветви направляются вентрально и разветвляются в глубокой грудной мышце.

Доходя до последнего реберного хряща, внутренняя грудная артерия разделяется на конечные ветви: мышечно-диафрагмальную артерию (*a. musculophrenica*) и краниальную надчревную (*a. epigastrica cranialis*). Последняя крупнее, она перфорирует грудинную часть диафрагмы и продолжается в брюшную полость по дорсальной поверхности прямой мышцы живота. В пупочной области краниальная надчревная артерия анастомозирует с конечными ветвями каудальной надчревной артерии (*a. epigastrica caudalis*).

Мышечно-диафрагмальная артерия имеет меньший диаметр, поднимается каудодорсально и своими конечными ветвями разветвляется в мышечной части диафрагмы.

Диаметр внутренней грудной артерии неодинаков по всему ходу и в среднем составляет $1,63 \pm 0,18$ мм.

Реберно-шейный ствол (*truncus costocervicalis*) ответвляется от левой подключичной артерии на $0,58 \pm 0,03$ мм дальше места отхождения позвоночной артерии. На правой подключичной артерии данный показатель значительно ниже и составляет $0,21 \pm 0,01$ мм. Реберно-шейный ствол как с правой, так и с левой стороны следует краниодорсально и разделяется на ветви: переднюю межреберную, дорсальную лопаточную и глубокую шейную артерии. Средний диаметр реберно-шейного ствола составил $1,74 \pm 0,12$ мм.

Передняя межреберная артерия (*a. intercostalis suprema*) – сосуд мелкого калибра, разветвляется в тканях дорсальной части первых 2–3 межреберий.

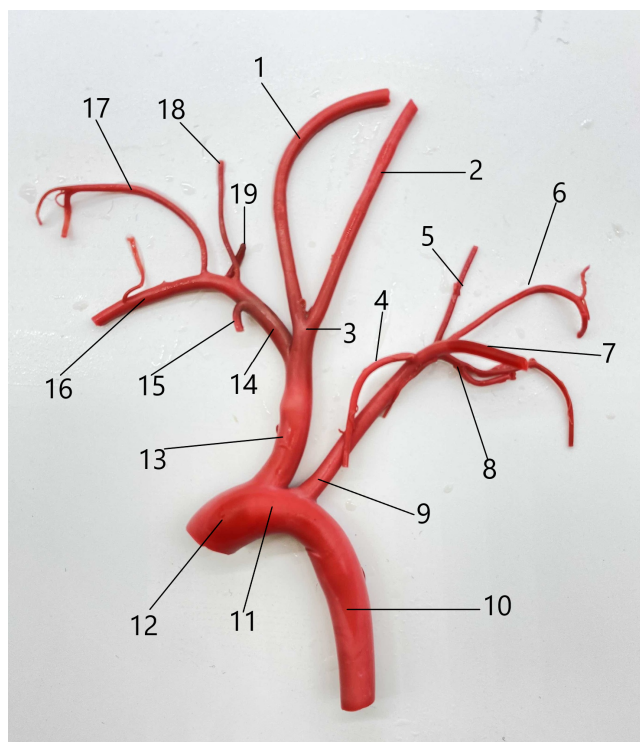


Рис. 2. Реплика ветвей дуги аорты кошки породы мейн-кун. Инъекция сосудов латексом. Коррозия в гидроокиси натрия:

- 1 – a. carotis communis dextra; 2 – a. carotis communis sinistra;
 3 – truncus bicaroticus; 4 – a. thoracica interna sinistra; 5 – a. vertebralis sinistra;
 6 – truncus omocervicalis sinistra; 7 – a. axillaris sinistra; 8 – truncus costocervicalis sinistra; 9 – a. subclavia sinistra;
 10 – aorta thoracica; 11 – arcus aortae; 12 – aorta;
 13 – a. brachiocephalica; 14 – a. subclavia dextra; 15 – a. thoracica interna dextra;
 16 – a. axillaris dextra; 17 – truncus omocervicalis dextra; 18 – a. vertebralis dextra; 19 – truncus costocervicalis dextra

Fig. 2. Replica of the branches of the aortic arch of a Maine Coon cat. Vessel injection with latex. Corrosion in sodium hydroxide:

Дорсальная лопаточная артерия (a. scapularis dorsalis) начинается от дорсальной поверхности реберно-шейного ствола на уровне первого ребра, следует в область холки, где разветвляется на мышечные ветви. Диаметр дорсальной лопаточной артерии составляет $1,34 \pm 0,09$ мм.

Глубокая шейная артерия (a. cervicalis profunda) следует в краниодорсальном направлении по латеральной поверхности полустистой мышцы головы, затем направляется медиальнее, участвуя в кровоснабжении глубоких мышц шеи. Своими конечными ветвями глубокая шейная артерия анастомозирует с дорсальными мышечными ветвями позвоночной артерии, а в области затылочно-атлантного сустава – с нисходящей ветвью затылочной артерии. Диаметр глубокой шейной артерии в месте отхождения составляет $1,26 \pm 0,07$ мм.

Наружная грудная артерия (a. thoracica externa) отходит от каудовентральной поверхности подключичной артерии. Первоначально она проходит под внутригрудной фасцией в каудальном направлении, васкуляризируя тка-

ни вентральной части первых двух межреберий. У каудального конца рукоятки грудины она прободает грудную стенку и разветвляется в грудных мышцах. Диаметр наружной грудной артерии составляет $0,72 \pm 0,04$ мм.

Плечевой ствол (truncus omocervicalis) отходит от краниальной поверхности подключичной артерии на уровне первого ребра. Он является значительной по протяженности артерией, общая длина от места ответвления до разделения на ветви составляет в среднем $34,04 \pm 1,96$ мм. При выходе из грудной полости плечевой ствол располагается под плечеголовной мышцей и разделяется на нисходящую и восходящую ветви. Диаметр плечевого ствола составляет $1,57 \pm 0,11$ мм.

Нисходящая ветвь (ramus descendens) первой ответвляется от каудальной поверхности плечевого ствола и располагается между плечеголовной и грудными мышцами. Своими конечными нисходящая ветвь достигает ключично-плечевой мышцы и двуглавой мышцы плеча.

Восходящая ветвь (ramus ascendens) следует краниально, по латеральной поверхности лестничных мышц.

После отхождения плечешейного ствола подключичные артерии продолжают как основные артериальные магистрали грудных конечностей – подмышечные артерии (aa. axillares).

ВЫВОДЫ

1. От дуги аорты у кошек породы мейн-кун отходят плечеголовная артерия и левая подключичная артерия. Тип деления плечеголовной артерии – бифуркационный, происходит разделение на правую подключичную артерию и ствол общих сонных артерий.

2. Правая и левая подключичные артерии последовательно отдают ветви: позвоночную артерию, внутреннюю грудную, реберно-шейный ствол, плечешейный ствол. Различия в ветвлении отмечаются лишь по первой ветви правой подключичной артерии, которой является внутренняя грудная артерия.

3. Диаметр плечеголовной артерии достоверно больше диаметра левой подключичной артерии – в 1,64 раза, а диаметр общей сонной артерии больше диаметра позвоночной артерии в 2,20 раза. Анализ площади сечения основных ветвей подключичных артерий показывает, что максимальное развитие получают реберно-шейный ствол и внутренняя грудная артерия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зеленовский, Н.В., Щипакин М.В., Зеленовский К.Н. Анатомия и физиология животных: учебник / под общ. ред. Н.В. Зеленовского. – 4-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2020. – 368 с.
2. Зеленовский Н.В., Щипакин М.В. Анатомия животных: учебник для вузов. – 2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2021. – 484 с.
3. Ветви дуги аорты соболя (*Martes zibellina*) / Д.С. Былинская, Н.В. Зеленовский, М.В. Щипакин, Д.В. Васильев // Иппология и ветеринария. – 2022. – № 2(44). – С. 147–155.
4. Морфология основных источников кровоснабжения спинного мозга овцы романовской породы / М.В. Щипакин, А.В. Прусаков, С.В. Вирунен, Д.С. Былинская // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2014. – № 4. – С. 145–147.
5. Рентгенографическая локация дуги аорты и ее ветвей у кошки домашней и рыси евразийской / Н.В. Зеленовский, М.В. Щипакин, Д.С. Былинская [и др.] // Аграрная наука. – 2022. – № 4. – С. 21–25. – DOI: 10.32634/0869-8155-2022-358-4-21-25.
6. Ahn D., Tae H., Kim I. Morphological patterns of the origin of the common carotid artery in German shepherd dogs // Indian Vet J – 2010. – Vol. 87 (6). – P. 587–590.
7. Лященко Д.Н. Синтопия восходящей, грудной аорты и ее дуги в раннем плодном периоде онтогенеза человека // Астраханский медицинский журнал. – 2012. – Т. 7, № 4. – С. 171–173.
8. Anatomical and morphometric variations in the arterial system of the domestic cat / V.H. Gonzalez, S. Ball, R. Cramer, A. Smith // J Vet Med Ser C Anat Histol Embryol. – 2015. – Vol. 44 (6). – P. 428–432.
9. Hardie R.J. Aortic arch anomalies // Complications in small animal surgery. – 2017. – P. 323–327.
10. Универсальные методики изучения артериальной системы животных / М.В. Щипакин, Ю.Ю. Бартенева, Д.С. Былинская [и др.] // Актуальные проблемы ветеринарной морфологии и высшего зооветеринарного образования: сборник трудов Национальной научно-практической конференции с международным участием, Москва, 14–16 октября 2019 г. – М.: МВА им. К.И. Скрябина, 2019. – С. 66–70.
11. Зеленовский Н.В. Международная ветеринарная анатомическая номенклатура на латинском и русском языках = Nomina Anatomica Veterinaria [пятая редакция]: учебники для вузов. Специальная литература. – СПб.: Лань, 2013. – 400 с.
12. Компьютерная томография общей сонной артерии и ее ветвей у кошки бенгальской породы / Д.В. Васильев, Д.С. Былинская, В.А. Хватов, М.В. Щипакин // Материалы национальной научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГУВМ, Санкт-Петербург, 25–29 января 2021 г. – СПб.: СПбГУВМ, 2021. – С. 16–18.

13. *Источники кровоснабжения головного мозга у козы нубийской породы на ранних этапах постнатального онтогенеза* / А.В. Прусаков, М.В. Щипакин, Ю.Ю. Бартенева [и др.] // *Инновационные тенденции развития российской науки: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых ученых*, Красноярск, 10–11 апреля 2018 г. – Краснояр. ГАУ, 2018. – С. 81–83.
14. *Кровоснабжение головного мозга шиншиллы длиннохвостой (Chinchilla lanigera)* / А.В. Прусаков, Н.В. Зеленовский, М.В. Щипакин [и др.] // *Иппология и ветеринария*. – 2019. – № 2(32). – С. 90–93.
15. *Источники кровоснабжения головного мозга животных* / А.В. Прусаков, Н.В. Зеленовский, М.В. Щипакин [и др.] // *Морфология*. – 2020. – Т. 157, № 2–3. – С. 175.

REFERENCES

1. Zelenevskii N.V., Shhipakin M.V., Zelenevskij K.N., *Anatomiya I fiziologiya zhivotnykh* (Anatomy and physiology of animals), Sankt-Peterburg: Lan, 2020, 368 p.
2. Zelenevskii N.V., Shhipakin M.V., *Anatomiya zhivotnykh* (Animal anatomy), Sankt-Peterburg: Lan, 2021, 484 p.
3. Bylinskaya D.S., Zelenevskii N.V., Shchipakin M.V., *Ippologiya i veterinariya*, 2022, No. 2 (44), pp. 147–155. (In Russ.)
4. Shchipakin M.V., Prusakov A.V., Virunen S.V., Bylinskaya D.S., *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*, 2014, No. 4, pp. 145–147. (In Russ.)
5. Zelenevskii N.V., Shchipakin M.V., Bylinskaya D.S., Khvatov V.A., Vasilev D.V., *Agrarnaya nauka*, 2022, No. 4, pp. 21–25. (In Russ.)
6. Ahn D., Tae H., Kim I., Morphological patterns of the origin of the common carotid artery in German shepherd dogs, *Indian Vet J*, 2010, Vol. 87 (6), pp. 587–590.
7. Lyashchenko D.N., *Astrakhanskii meditsinskii zhurnal*, 2012, Vol. 7, No. 4, pp. 171–173. (In Russ.)
8. Gonzalez V.H., Ball S., Cramer R., Smith A., Anatomical and morphometric variations in the arterial system of the domestic cat, *J Vet Med Ser C Anat Histol Embryol.*, 2015, Vol. 44 (6), pp. 428–432.
9. Hardie R.J., Aortic arch anomalies, *Complications in small animal surgery*, 2017, pp. 323–327.
10. Shchipakin M.V., Barteneva Yu.Yu., Bylinskaya D.S., Vasilev D.V., Stratonov A.S., Khvatov V.A., *Aktual'nye problem veterinarnoi morfologii vysshegozooveterinarnogo obrazovaniya* (Actual problems of veterinary morphology and higher veterinary education), Proceedings of the National Scientific and Practical Conference with international participation, October 14–16, 2019, Moscow, pp. 66–70. (In Russ.)
11. Zelenevskii N.V., *Mezhdunarodnaya veterinarnaya anatomicheskaya nomenklatura na latinskom I russkom yazykakh* (International Veterinary Anatomical Nomenclature in Latin and Russian), Sankt-Peterburg: Lan, 2013, 400 p.
12. Vasilev D.V., Bylinskaya D.S., Khvatov V.A., Shchipakin M.V., *Materialy natsional'noi nauchnoi konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov I aspirantov SPbGUVU* (Materials of the national scientific conference of the faculty, researchers and post-graduates of SPbGUVU), January 25–29, 2021, Sankt-Peterburg, pp. 16–18. (In Russ.)
13. Prusakov A.V., Shchipakin M.V., Barteneva Yu.Yu., Bylinskaya D.S., Vasilev D.V., *Innovatsionnyeten dentsii razvitiya rossiiskoi nauki* (Innovative trends in the development of Russian science), Proceedings of the Conference Title, April 10–11, 2018, Krasnoyarsk, pp. 81–83. (In Russ.)
14. Prusakov A.V., Zelenevskii N.V., Shchipakin M.V., Bylinskaya D.S., Barteneva Yu.Yu., Vasilev D.V., Stratonov A.S., Khvatov V.A., *Ippologiya i veterinariya*, 2019, No. 2 (32), pp. 90–93. (In Russ.)
15. Prusakov A.V., Zelenevskii N.V., Shchipakin M.V., Bylinskaya D.S., Barteneva Yu.Yu., Vasilev D.V., *Morfologiya*, 2020, Vol. 157, No. 2–3, p. 175. (In Russ.)

