

Теоретический
и научно-практический
журнал

ISSN 2311-0651

Инновации и
продовольственная
безопасность

Innovations and food security

№ 1 (35) 2022



Теоретический и
научно-практический
журнал

ISSN 2311 0651

ИННОВАЦИИ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Innovations and Food Safety

№ 1(35) 2022



Новосибирск 2022

**ИННОВАЦИИ И
ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ**

**Теоретический
и научно-практический
журнал**

№ 1(35) 2022

Учредитель:
ФГБОУ ВО
«Новосибирский
государственный
аграрный университет»

Выходит ежеквартально
Основан в мае 2013 года

Зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)
ПИ № ФС 77-82304 от 10.11.2021 г.

Подписной индекс в Объединенном
каталоге «Пресса России» – 40553

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

Адрес редакции и издателя:
630039, Новосибирск,
ул. Добролюбова, 160
Тел./факс: 8 (383) 264-28-00
E-mail: ngaufiziologi@mail.ru
smirnov.271@mail.ru

Тираж 500 экз.

Технический редактор Г.В. Вдовина
Редактор Т.К. Коробкова
Компьютерная верстка А.Е. Зверев
Переводчик И.Н. Рюмкина
Подписано в печать 30 марта 2022 г.
Дата выхода в свет 31 марта 2022 г.
Свободная цена
Формат 60 × 84 1/8.
8,06 усл. печ. л.
Бумага офсетная
Гарнитура «Times». Заказ № 2489.

Отпечатано в Издательском центре
НГАУ «Золотой колос»
630039, Новосибирск,
ул. Добролюбова, 160

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

П.Н. Смирнов – д-р вет. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, почетный профессор Якутской ГСХА и Таджикского ГАУ, зав. кафедрой физиологии и биохимии человека и животных ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ», главный редактор (Новосибирск, Россия)

А.Н. Власенко – д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН, действительный член Национальной академии наук Монголии, руководитель научного направления СибНИИЗиХ СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

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

М.И. Воевода – д-р мед. наук, проф., акад. РАН, директор ФГБОУ «НИИ терапии и профилактической медицины» (Новосибирск, Россия)

Г.П. Гамзиков – д-р биол. наук, акад. РАН, проф. кафедры почвоведения, агрохимии и земледелия ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ» (Новосибирск, Россия)

А.С. Донченко – д-р вет. наук, акад. РАН, заслуженный деятель науки РФ, научный руководитель СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

К.В. Жучав – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой частной зоотехнии и технологии животноводства, декан биолого-технологического факультета ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ» (Новосибирск, Россия)

В.Г. Кашковский – д-р с.-х. наук, проф. кафедры биологии, биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ» (Новосибирск, Россия)

С.П. Князев – канд. биол. наук, доц, проф. кафедры кормления, разведения и частной зоотехнии ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ» (Новосибирск, Россия)

В.А. Козлов – д-р мед. наук, проф., акад. РАН, заслуженный деятель науки РФ, научный руководитель НИИ клинической иммунологии СО РАН (Новосибирск, Россия)

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

Р.С. Москалик – д-р хабилитат вет. наук, проф., акад. МАИ, зав. лабораторией методов борьбы и профилактики болезней животных НИИ биотехнологий в животноводстве и ветеринарной медицине (Республика Молдова)

К.Я. Мотовилов – д-р биол. наук, проф., чл.-корр. РАН, научный руководитель Сибирского научно-исследовательского и технологического института переработки сельскохозяйственной продукции СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

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

Л.М. Поляков – д-р мед. наук, проф., зав. лабораторией НИИ биохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

И. Саттори – д-р вет. наук, проф., акад. ТАН, министр сельского хозяйства Республики Таджикистан (Таджикистан)

Н.В. Семенджяева – д-р с.-х. наук, заслуженный деятель науки РФ, проф. кафедры почвоведения, агрохимии и земледелия ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ» (Новосибирск, Россия)

В.Г. Телепнев – канд. биол. наук, проф., директор Западно-Сибирского филиала НИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова (Новосибирск, Россия)

Е.Ю. Торопова – д-р биол. наук, проф. кафедры защиты растений ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ» (Новосибирск, Россия)

В.А. Тутельян – д-р мед. наук, проф., акад. РАН, иностранный член НАН РА, заслуженный деятель науки РФ, научный руководитель Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи (Москва, Россия)

* На обложке использован логотип ©World Trade Organization (WTO)

** Использован логотип, опубликованный в интернет-ресурсе http://ru.freepik.com/free-vector/ecology-and-recycling-icons_376900.htm

INNOVATIONS AND FOOD SAFETY

Theoretical
and practical
scientific journal

№ 1(35) 2022

Founder:
FHBO
«Novosibirsk
State
Agrarian University»

Published quarterly
Founded in may 2013

Registered
van Federal service for supervision of
Telecom and mass communications
PI № FS 77-82304 dated 10.11.2021

Subscription index in United catalogue
«Press of Russia» – 40553

The journal is included in the List
of peer-reviewed scientific publications,
where must be published basic
scientific results
dissertations on competition
of a scientific degree
candidate of Sciences, on competition
of a scientific degree of doctor of science

Address of Editorial office:
160 Dobrolyubova Str.,
630039 Novosibirsk
Tel/fax: 8 (383) 264-28-00
E-mail: ngaufiziologi@mail.ru
Smirnov.271@mail.ru

Circulation is 500 issues

Technical editor G.V. Vdovina
Editor T.K. Korobkova
Desktop publishing A.E. Zverev
Translator I.N. Ryumkina

Passed for printing on 30 March 2022
Realease date 31 March 2022
Free price
Size is 60x 84 1/8,
Volume contains 8,06 publ.
Offset paper is used
Typeface is Times. Order No. 2489.

Printed in "Zolotoy Kolos" Publ. of Novo-
sibirsk State Agrarian University
160 Dobrolyubova Str. office 106,
630039 Novosibirsk.

EDITORIAL TEAM

E.V. Rudoy – Doctor of Economic Sciences, Professor, Correspondent member RAS, Acting Recitor for Scientific Affairs at Novosibirsk State Agrarian University, Chief of Editorial Board (Novosibirsk, Russia)

P.N. Smirnov – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Merited Scientist of Russia, Honorary Professor of Yakutsk State Agricultural Academy and Tadzhik State Agricultural University, the Head of the Chair of Physiology and Biochemistry of Humans and Animals at Novosibirsk State Agrarian University, Editor-in-Chief (Novosibirsk, Russia).

A.N. Vlasenko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of RAS, Member of National Academy of Science of Mongolia, Chief of Scientific Department in Siberian Research Institute of Arable Farming and Agricultural Chemicalization

S.Kh. Vyshegurov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Merited Scientist of Ingushetia, the Head of the Chair of Botany and Landscape Architecture at Novosibirsk State Agrarian University, (Novosibirsk, Russia)

M.I. Voevoda – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of RAS, Merited Scientist of Russia, Chief of Research Institute of General and Preventive Medicine (Novosibirsk, Russia)

G.P. Gamzikov – Doctor of Biological Sciences, Academician of RAS, Professor at the Chair of Soil Sciences, Agrochemistry and Crop Farming (Novosibirsk, Russia)

A.S. Donchenko – Doctor of Veterinary Sciences, Academician of RAS, Merited Scientist of Russia, Scientific Supervisor at Siberian Research Centre for Agricultural Biotechnologies (RAS) (Novosibirsk, Russia)

K.V. Zhuchaev – Doctor of Biological Sciences, Professor, the Head of the Chair of Special Livestock Farming and Animal Husbandry, Dean of Biology-Technological Faculty at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

V.G. Kashkovsky – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Biology, Biological Resources and Aquaculture (Novosibirsk, Russia)

S.P. Kniazev – Candidate of Biology, Associate Professor, Professor at the Chair of Feeding, Breeding and Special Livestock Farming at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

V.A. Kozlov – Doctor of Medical Sciences, Professor, member of the Russian Academy of Science, Merited Scientist of Russia, Scientific supervisor in the Research Institute of Clinical Immunology of SD RAS (Novosibirsk, Russia)

S.N. Mager – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Scientific Direction, SibNIIPITIZH SFNCA RAS (Novosibirsk, Russia)

R.S. Moskalik – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of MAI, Head of Laboratory for Preventive Methods of Animal Diseases at Research Institute of Biotechnology in Animal Husbandry and Veterinary Medicine

K.Ia. Motovilov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of RAS, Scientific Leader of the Siberian Research and Technological Institute of Processing of Agricultural Products in Siberian Research Centre for Agricultural Technologies RAS (Novosibirsk, Russia)

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

L.M. Poliakov – Doctor of Medical Sciences, Professor, the Head of Laboratory at Research Institute of Biochemistry SD RAS (Novosibirsk, Russia)

I. Sattori – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of TAS, President of Tadzhik Agricultural Academy (Tadzhikistan)

N.V. Semendiaeva – Doctor of Agricultural Sciences, Merited Scientist of Russia, Professor the Chair of Soil Science, Agrochemistry and Farming at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

V.G. Telepnev – Candidate of Biology, Professor, Chief of West-Siberian Branch of Prof. Zhitkov Research Institute of Hunting and Fur-Farming (Novosibirsk, Russia)

E.Iu. Toropova – Doctor of Biological Sciences, Professor at the Chair of Plant Protection at Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, Russia)

V.A. Tutelian – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of RAS, Foreign Member of National Academy of Sciences of Armenia (Novosibirsk, Russia)

*Logo World Trade Organization (WTO) is used on the cover.

**Logo published http://ru.freepik.com/free-vector/ecology-and-recycling-icons_376900.htm is used.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Контроль качества и безопасность пищевой продукции

Домнышева В.В., Домнышев Д.А., Калмыкова А.И. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАССОЛА КВАШЕНОЙ КАПУСТЫ В РЕГИОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	7.
Патшина М.В., Гуринович Г.В., Патракова И.С., Серегин С.А., Горюнова Н.С. ИЗУЧЕНИЕ АНТИОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕЦИТИНА В СОСТАВЕ БЕЛКОВО-ЖИРОВОЙ ЭМУЛЬСИИ НА ОСНОВЕ ЖИВОТНЫХ ЖИРОВ.....	18
Танькова Н.Л., Исакова Е.Л., Асафов В.А. ПОЛУЧЕНИЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ И СОЕВЫХ БЕЛКОВ, ОБОГАЩЕННЫХ МОЛОЧНОКИСЛЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ И ИХ МЕТОБОЛИТАМИ.....	25

Рациональное природопользование и охрана окружающей среды

Альберт М.А., Галеев Р.Р., Ковалев Е.А. ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРИМЕНЕНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	33
Ефанова Н.В., Баталова С.В., Осина Л.М., Виноградова В.В. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДОВ МОСКВЫ, ЯЛТЫ И НОВОСИБИРСКА ПО БИОЭЛЕМЕНТНОМУ СОСТАВУ ШЕРСТИ СОБАК	41
Ларина О.Н., Онищенко И.С., Тимофеева М.А., Шкиль Н.А. ЧАСТОТА ИНДИКАЦИИ И АНТИБИОТИКОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ИЗОЛЯТОВ <i>E. COLI</i> O157:H7, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ СРЕДЫ.....	49
Семеняева Н.В., Морозова А.А., Добротворская Н.И., Елизаров Н.В. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ ПЕРВОГО КЛАССА ОПАСНОСТИ В ПОЧВАХ ЗАСОЛЕННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРАБИНСКОЙ РАВНИНЫ.....	56

Достижения ветеринарной науки и практики

Авилов В.М., Сочнев В.В., Гусев А.А. О МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЗООТИЧНЫХ (ЭНДЕМИЧНЫХ) ЗОН ПО АФРИКАНСКОЙ ЧУМЕ СВИНЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ.....	66
Локтева А.С., Плешакова В.И. ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИЙ <i>BACILLUS</i> spp. F ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ДИСБАКТЕРИОЗА У ТЕЛЯТ.....	82
Смолянинов Ю.И., Волков Д.В., Ионина С.В., Брем А.К. РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ФЕНОТИПИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АТИПИЧНЫХ МИКОБАКТЕРИЙ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ОТ СВИНЕЙ И ОБЪЕКТОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ.....	90
Углов В.А., Бородай Е.В. РОЛЬ АРАБИНОГАЛАКТАНА И ДИГИДРОКВЕРЦЕТИНА В ЛЕЧЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ ПО ДАННЫМ ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	101

Ресурсосберегающие технологии в земледелии, агрохимии, селекции и семеноводстве

Лях П.А., Колошина К.А., Попова К.И., Лях А.А. ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТОДИОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ.....	108
---	-----

Технологии содержания, кормления и обеспечения ветеринарного благополучия в продуктивном животноводстве

Синицын В.А. ВЛИЯНИЕ АДАПТОГЕНА ЦЕАУР НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЯИЦ КУР.....	121
---	-----

CONTENTS

Quality control and food safety

<i>Domnysheva V.V., Domnyshev D.A., Kalmykova A.I.</i> MICROBIOLOGICAL COMPOSITION OF SAUCERATED CABBAGE BRINE IN THE REGION OF WESTERN SIBERIA.....	7
<i>Patshina M.V., Gurinovich G.V., Patrakova I.S., Seregin S.A., Goriunova N.S.</i> THE INVESTIGATION OF LECITHINE ANTI-OXIDANT ABILITY UNDER CONSIST OF PROTEIN-FATS EMULSION BASED ON ANIMALS' FATS.....	18
<i>Tankova N.L., Iskakova E.L., Asafov V.A.</i> OBTAINING OF CONCENTRATED MULTICOMPONENT SYSTEMS BASED ON WHEY AND SOY PROTEINS ENRICHED WITH LACTIC ACID MICROORGANISMS AND THEIR METABOLITES.....	25

Environmental management and environmental protection

<i>Albert M.A., Galeev R.R., Kovalev E.A.</i> INNOVATIVE APPROACHES TO THE APPLICATION OF PRECISION FARMING ELEMENTS IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA.....	33
<i>Efanova N.V., Batalova S.V., Osina L.M., Vinogradova V.V.</i> ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE CITIES OF MOSCOW, YALTA AND NOVOSIBIRSK BY THE BIOELEMENT COMPOSITION OF WOOL DOGS.....	41
<i>Larina O.N., Onishchenko I.S., Timofeeva M.A., Shkil N.A.</i> THE FREQUENCY OF INDICATION AND ANTIBIOTIC SUSCEPTIBILITY OF <i>E. COLI</i> ISOLATES. <i>COLI O157:H7</i> ISOLATED FROM VARIOUS SUBSTANCE.....	49
<i>Semendyaeva N.V., Morozova A.A., Dobrotvorskaya N.I., Elizarov N.V.</i> THE TRACE ELEMENTS OF THE 1-ST CLASS OF HAZARD IN SOILS OF SALINE AGRO-LANDSCAPES IN THE NORTH-EASTERN PART OF THE BARABA PLAIN.....	56

Achievements of Veterinary Science and Practice

<i>Avilov V.M., Sochnev V.V., Gusev A.A.</i> THE MECHANISM OF FORMATION OF ENZOOTIC (ENDEMIC) ZONES FOR AFRICAN SWINE FEVER IN RUSSIA.....	66
<i>Lokteva A.S., Pleshakova V.I.</i> THE USE OF <i>BACILLUS</i> spp. F FOR THE TREATMENT OF DYSBACTERIOSIS IN CALVES.....	82
<i>Smolyaninov Iu.I., Volkov D.V., Ionina S.V., Brem A.K.</i> DISTRIBUTION AND PHENOTYPIC PROPERTIES OF ATYPICAL MYCOBACTERIA ISOLATED FROM PIGS AND AMBIENT MEDIUM OBJECTS.....	90
<i>Uglov V.A., Boroday E.V.</i> THE ROLE OF ARABINOGALACTAN AND DIHYDROQUERCETIN IN THE TREATMENT OF FARM ANIMALS BASED ON PATENT RESEARCH.....	101

Resource-saving technologies in agriculture, agrochemistry, breeding and seed production

<i>Lyakh P.A., Koloshina K.A., Popova K.I., Lyakh A.A.</i> INFLUENCE OF THE SPECTRAL COMPOSITION OF LED RADIATION ON PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT.....	108
--	-----

Technologies for keeping, feeding and ensuring veterinary well-being in productive livestock

<i>Sinitsyn V.A.</i> THE INFLUENCE OF THE ADAPTOGEN TSEUR ON THE MORPHOMETRIC PARAMETERS OF HEN EGGS.....	121
---	-----



**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА
И БЕЗОПАСНОСТЬ
ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ**
**QUALITY CONTROL
AND FOOD SAFETY**

УДК 664.843.52

DOI:10.31677/2311-0651-2022-35-1-7-17

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАССОЛА КВАШЕНОЙ КАПУСТЫ В
РЕГИОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

В.В. Домнышева, аспирант
Д.А. Домнышев, старший преподаватель
А.И. Калмыкова, доктор биологических наук, профессор
Новосибирский государственный аграрный университет
E-mail: v.domnysheva@yandex.ru

Ключевые слова: метабиотик, микробиом, сквашивание капусты, видовая принадлежность.

Реферат. В последнее время метаболитные пребиотики набирают все большую популярность. Метабиотики – общее название для группы препаратов, основу которых составляют структурные компоненты пробиотических микроорганизмов и/или их метаболиты, а также сигнальные молекулы, обладающие способностью привести в норму физиологические функции организма, реакции регуляторного, метаболического, поведенческого характера, которые непосредственно связаны с микробиотой организма. Так как микробиом человека зависит от его диетических пристрастий и места его проживания, перед нами стояла задача изучить микроорганизмы, встречающиеся в Западной Сибири. Наибольший интерес представляет рассол квашеной капусты, поскольку он продолжительное время использовался и используется до сих пор для лечения заболеваний кишечника. Анализ сока сквашенной капусты был проведен в несколько этапов. В ходе исследования был определен состав короткоцепочечных жирных кислот (далее – КЦЖК) хроматографическим методом, изучен видовой состав микроорганизмов, а также были выделены чистые культуры путем посева рассола на селективные питательные среды – Сабуро и MRS. Место проведения исследований – микробиологическая лаборатория Испытательного центра Испытательного лабораторного комплекса ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ совместно с испытательной лабораторией на базе ФГБОУ ВО СГУПС, ПЦР-диагностика проводилась в Институте цитологии и генетики СО РАН. Представлены результаты исследования микробного состава рассола, полученного в результате процесса брожения различных сортов белокочанной капусты. В ходе проведения исследований были выделены чистые культуры микроорганизмов, способные быть продуцентами метабиотика, имеющие различную морфологию и относящиеся к лактобактериям и лактококкам.

MICROBIOLOGICAL COMPOSITION OF SAUCURATED CABBAGE BRINE IN THE REGION OF WESTERN SIBERIA

V.V. Domnysheva, Postgraduate Student

D.A. Domnyshev, Senior Lecturer

A.I. Kalmykova, Doctor of Biological Sciences, Professor

Novosibirsk State Agrarian University

Key words: *metabiotic, microbiome, cabbage fermentation, species.*

Abstract. Recently, metabolic probiotics have been gaining more and more popularity. Metabiotics is a common name for a group of drugs based on the structural components of probiotic microorganisms and/or their metabolites. And also, signaling molecules that have the ability to normalize the physiological functions of the body, regulatory, metabolic, behavioral reactions that are directly related to the microbiota of the body. Since the human microbiome depends on his dietary preferences and his place of residence, we were faced with the task of studying microorganisms found in Western Siberia. The leaven of sauerkraut is of the greatest interest, since the juice of this product has been used for a long time and is still used to treat intestinal diseases. The analysis of sauerkraut juice was carried out in several stages. During the study, the composition of short-chain fatty acids (hereinafter referred to as SCFAs) was determined by chromatographic method, the species composition of microorganisms present in the starter culture was studied, and pure cultures were isolated by sowing on selective nutrient media – Saburo and MRS. The place of the research is the microbiological laboratory of the Testing Center of the Testing Laboratory Complex of the Novosibirsk State Agrarian University together with the testing laboratory on the basis of the SSPS, PCR diagnostics was carried out at the Institute of Cytology and Genetics SB RAS. As the results, studies of the microbial composition of brine obtained as a result of the fermentation process of various varieties of white cabbage are presented. In the course of the research, pure cultures of microorganisms capable of being metabiotic producers, having different morphologies and related to *lactobacilli* and *Lactococcus* were isolated.

В последние 15 лет в мировой науке одним из наиболее актуальных направлений стало исследование микробиома человека. Было инициировано два международных исследования: Human Microbiome Project (USA, 2006) и MetaHIT Project (European Commission, 2008).

В ходе исследования было выявлено, что микробиота человека оказывает существенное влияние на поддержание здоровья человека и формирование различных заболеваний [1].

Появились новые продукты и препараты, оказывающие влияние на микробиоту. Среди них – пробиотики (Симбиолакт, Лактобактерин, Бифиформ), пребиотики (компоненты пищи, активизирующие рост нормальной микрофлоры человека) и метабиотики [2].

Метабиотики – общее название для группы препаратов, основу которых составляют структурные компоненты пробиотических микроорганизмов и/или их метаболиты, а также сигнальные молекулы, обладающие способностью привести в норму физиологические функции организма, реакции регуляторного, метаболического, поведенческого характера, которые непосредственно связаны с микробиотой организма.

Чаще всего в современной медицинской и перерабатывающей промышленности для получения метаболитных пробиотиков используют микроорганизмы семейства *Lactobacillaceae*.

Микробиом человека зависит от его диетических пристрастий и места проживания. Поэтому вполне оправданно использовать для производства метабиотиков микроорганизмы, встречающиеся в данной местности.

Наибольший интерес представляет рассол квашеной капусты, поскольку он продолжительное время использовался и используется до сих пор для лечения заболеваний кишечника.

Вероятность того, что в составе рассола будут находиться микроорганизмы различных семейств и порядков, достаточно велика. Учитывая, что данный продукт является природным, мы предположили, что микроорганизмы в нем будут находиться в мутуалистических взаимоотношениях. Это может позволить выделить консорциум микроорганизмов, с помощью которых можно будет разрабатывать технологию получения метаболитного пробиотика [3, 4].

Процесс сквашивания капусты растянут по времени, поэтому сложно предположить, что в конце процесса сквашивания будут сохраняться те же микроорганизмы, что и в начале [5, 6].

Целью исследования является влияние различных сроков ферментации рассола белокочанной капусты, выращенной в условиях Западной Сибири, на его состав.

Объектом проведенного исследования является рассол квашеной капусты, полученный под воздействием естественных бактериальных культур в результате брожения.

Хроматографическое исследование на газовом хроматомасс-спектрометре марки Shimadzu GCMS-QP2010S было выполнено в испытательной лаборатории Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения».

ПЦР-диагностика проводилась в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук».

Посев рассола на селективные питательные среды и дальнейшее микроскопирование проводилось в микробиологической лаборатории Испытательного центра ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ».

Для исследований был отобран сорт белокочанной капусты Сибирячка-60, выращенный в регионе Западной Сибири.

Квашение капусты осуществлялось по рецептуре и технологии, определенными технологической инструкцией по квашению капусты [7].

Метод исследования рассола на спектр КЦЖК основан на хроматографическом разделении смеси летучих компонентов в продукте и последующем их детектировании пламенно-ионизационным детектором.

Для проведения исследования в испаритель (инжектор) хроматографа микрошлицием вводят 1 мл рассола, подготовленного в соответствии с ГОСТ 6687.0-86, и проводят определения при следующих условиях хроматографирования:

- 1) начальная температура термостата колонок 70 °C;
- 2) выдержка 6 мин;
- 3) скорость нагрева термостата колонок до температуры 180 °C–12 °C/мин;
- 4) выдержка 15 мин;
- 5) температура испарителя (инжектора) 200 °C;
- 6) температура детектора 200 °C;
- 7) коэффициент деления потока 30 : 1;
- 8) скорость потока газа-носителя (азот) 1,3 см³/мин;
- 9) скорость потока воздуха 200 см³/мин;
- 10) скорость потока водорода 20 см³/мин;
- 11) объем пробы 1 мм³.

Записывают хроматограмму продукта. Регистрируют время удерживания и площади пиков определяемых компонентов и идентифицируют пики в соответствии с выдержкой по времени.

Обработку результатов определений выполняют, используя программное обеспечение компьютера, входящего в комплект хроматографа.

ПЦР-диагностика видового состава была проведена с помощью набора Kit в соответствии с инструкциями производителя.

Для проведения микробиологических исследований нами были использованы следующие селективные питательные среды:

- среда Сабуро – среда для выращивания грибов;
- MRS-бульон – среда для выращивания молочнокислых микроорганизмов;
- тиогликолевая среда – среда для выявления титра микроорганизмов

Для проведения исследования по КЦЖК нами были использованы два образца рассола – после 3 и 30 суток ферментации – с целью поиска закваски, продуцирующей больший спектр метаболитов. Анализ методом газовой хроматографии показал следующие результаты.

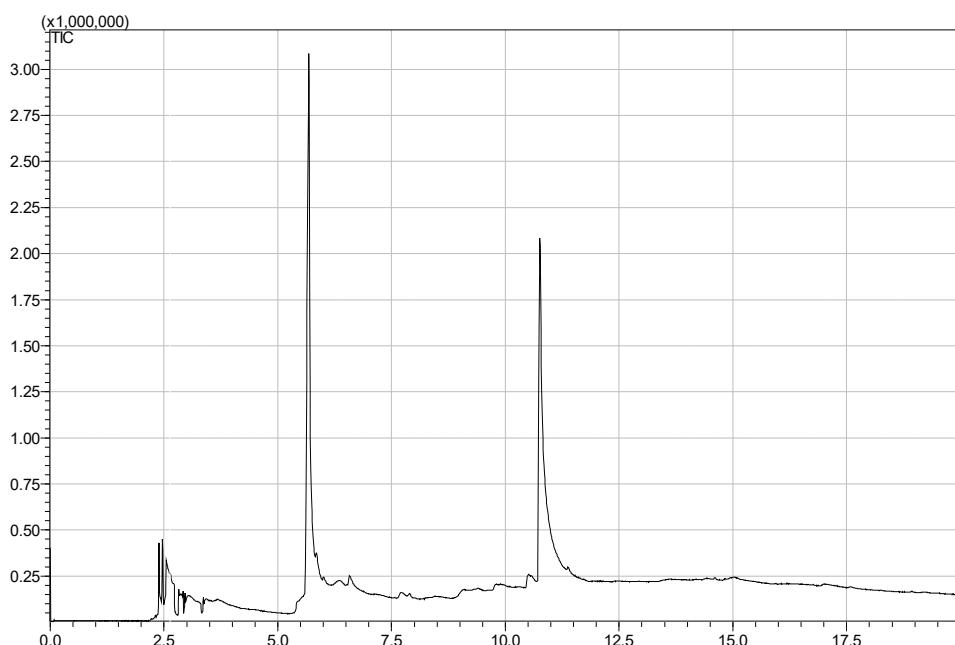


Рис. 1. Хроматограмма образца № 1

– В зависимости от выдержки по времени были идентифицированы следующие вещества (рис. 1):

- 2,5 мин – этанол (C_2H_5OH);
- 6 мин – уксусная кислота (CH_3COOH);
- 10,8 мин – вещество неопределенного состава.

Программно-вычислительный комплекс хроматомасс-спектрометра Shimadzu GCMS-QP2010S позволил определить химическую формулу неизвестного вещества, изображенную на рис. 2.

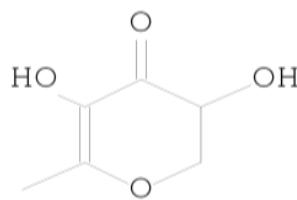


Рис. 2. Фрагмент химической формулы неизвестного вещества

Анализ представленной химической формулы позволил отнести неизвестный компонент к группе полифенольных соединений – биофлавоноидов.

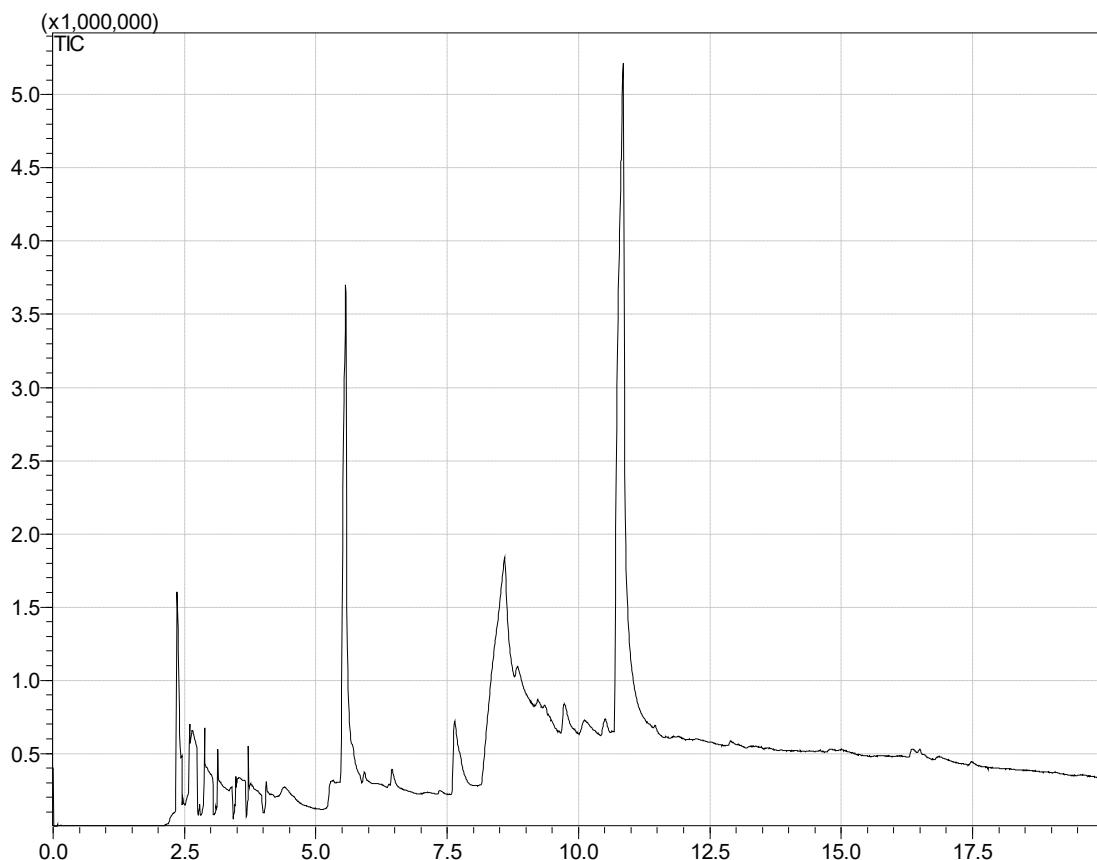


Рис. 3. Хроматограмма образца № 2

На рис. 3 мы видим следующие результаты:

- 2,5 мин – этанол (C_2H_5OH);
- 6 мин – уксусная кислота (CH_3COOH);
- 7,5 мин – диметилтристульфид (C_2H_6S).

Диметилсульфид (тиобисметан) – органическое соединение, простейший представитель класса тиоэфиров. Бесцветная, подвижная, легковоспламеняющаяся и летучая жидкость. Так как диметилсульфид является промежуточным продуктом при производстве инсектицидов (химических препаратов для уничтожения вредных насекомых), его наличие в малой концентрации может быть объяснимо;

- 8,5 мин – молочная кислота ($CH_3CH(OH)COOH$);
- 10,8 мин – возможный биофлавоноид.

По итогу проведенного исследования можно сделать вывод о том, что второй образец содержит большее разнообразие и концентрацию метаболитов. Установлено также содержание остатков инсектицидов.

В результате анализа двух образцов капустного рассола (3 и 30 суток ферментации) по 16s рибосоме нами были получены результаты, изображенные на рис. 4.

Как видим, и в первом, и во втором образцах превалируют фирмикуты, они составляют от 94 до 97 %.

На втором месте представлены растительные клетки капусты, которые не рассматривались нами в рамках данного исследования.

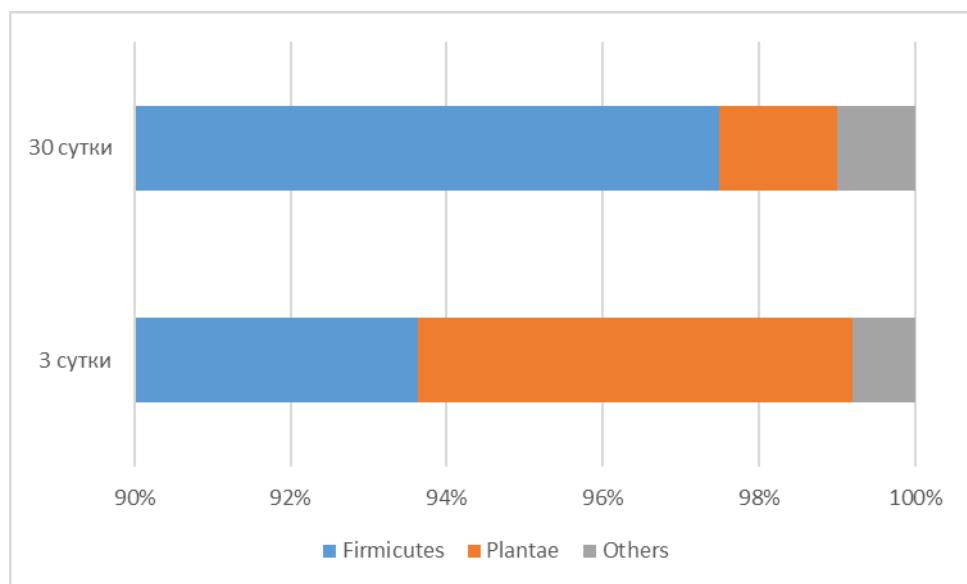


Рис. 4. Типы микроорганизмов, представленных в закваске

На все остальные типы микрорганизмов (протеобактерии, бактероиды, актино- и цианобактерии) приходится всего 1 %, так что в дальнейшем мы будем рассматривать только микроорганизмы типа фирмикуты.

Обращает на себя внимание тот факт, что при длительной ферментации происходит снижение количества растительных клеток и увеличивается доля фирмикутов.

Тип Firmicutes состоит из трех классов (Bacilli, Clostridia и Erysipelotrichia), 26 семейств и 223 родов, что составляет основной бактериальный тип.

У всех бактерий в этом типе есть жесткая клеточная стенка, из которой происходит название Firmicutes (на латыни Firmus означает «твёрдый» и «лицо»). Большинство из них грамположительные, за исключением семейств Veillonellaceae и Syntrophomonadaceae, которые являются грамотрицательными. Бактерии Firmicutes фенотипически разнообразны и могут быть сферическими клетками, прямыми, изогнутыми, спиральными брусками или нитями, с жгутиками или без них, с эндоспорами, устойчивыми к теплу или без них.

Бактерии, классифицируемые в типе Firmicutes, составляют важную часть кишечной флоры человека. Среди них наиболее значимыми являются микроорганизмы вида *Lactobacillus* [6,8].

По своим биохимическим свойствам лактобациллы весьма разнообразны. Объединяет их метаболизм бродильного типа, в результате которого не менее половины углеводов питательной среды расходуется на синтез лактата.

Лактобактерии являются основными составляющими пробиотических продуктов и препаратов. Среди них чаще всего выделяют *L. acidophilus*, *L. fermentum*, *L. rhamnosus*, *L. plantarum* и некоторые другие. Мы рассмотрим в нашей работе одного представителя молочнокислых бактерий, часто используемого в производстве продуктов, направленных на коррекцию микрофлоры человека, – *Lactobacillus plantarum* [9].

Lactobacillus plantarum играют важнейшую роль при квашении капусты, солении огурцов и подобных процессах, являющихся по своей сути ферментированием овощей, участвуя в них на одном из промежуточных этапов. Гомоферментативные *Lactobacillus plantarum* образуют только молочную кислоту и практически не образуют газы и другие продукты. Они устойчивы к высоким концентрациям поваренной соли, но чувствительны к продуктам обмена гнилостных бактерий, таким как индол, скатол, индолилуксусная и пропионовая кислоты [9]. В

результате интенсивного молочнокислого брожения на этом этапе ферментации содержание молочной кислоты может достигать 1,0 – 2,0 %. В дальнейшем *Lactobacillus plantarum* угнетается собственным продуктом обмена – молочной кислотой и уступает место другим молочнокислым бактериям. *Lactobacillus plantarum* подавляются *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, а также плесневыми грибами *Penicillium gladioli* [10].

Более детальная диагностика микроорганизмов закваски показывает, что на уровне семейств преобладают лактобактерии. Они составляют от 93 до 97 %, т.е. тип фирмакуты полностью представлен молочнокислыми микроорганизмами, что видно на рис. 5. Общая представленность микроорганизмов на уровне рода приведена в таблице. Из таблицы видно, что над всеми другими представителями микроорганизмов доминируют два рода: *Weissella* и *Latilactobacillus*.

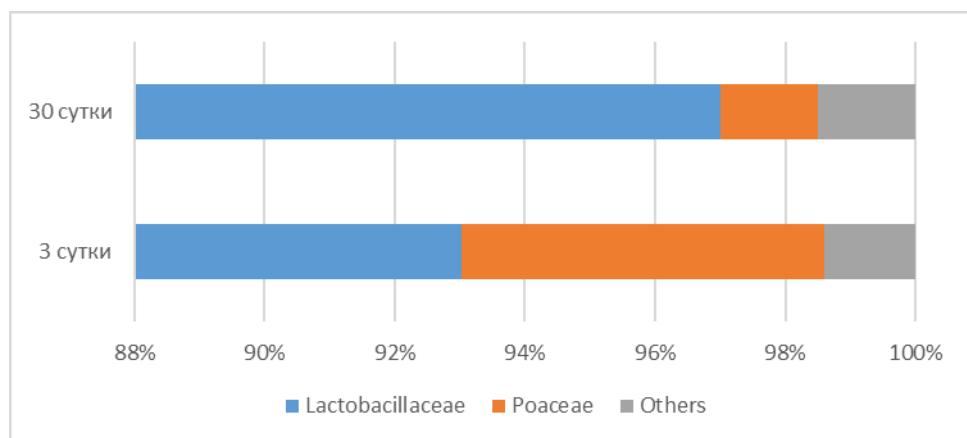


Рис. 5. Семейства микроорганизмов, представленных в капустном рассоле

Представленность микроорганизмов в капустной закваске на уровне рода, %

Род	Время ферментации	
	3 суток	30 суток
<i>Weissella</i>	69	53
<i>Latilactobacillus</i>	24	42
<i>Leuconostoc</i>	0,4	1,5
<i>Lactiplantibacillus</i>	0,4	1,1
<i>Hafniaceae</i>	0,3	0,6
<i>Lactococcus</i>	0,3	0,1
<i>Enterococcus</i>	0,0	0,3
<i>Flavobacterium</i>	0,2	0,1
<i>Erwiniaceae</i>	$2,0 \times 10^2$	0,1
<i>Yersiniaceae</i>	$1,0 \times 10^2$	0,1
<i>Propionibacteriaceae</i>	0,1	$2,0 \times 10^2$
<i>Providencia</i>	$1,0 \times 10^2$	0,0
<i>Streptophyta</i>	0,1	0
<i>Chryseobacterium</i>	0,0	0
<i>Sphingobacterium</i>	$2,0 \times 10^2$	$8,7 \times 10^3$
<i>Sphingopyxis</i>	0	0,0
<i>Oxalobacteraceae</i>	$2,0 \times 10^2$	0
<i>Acinetobacter</i>	$2,0 \times 10^2$	0
<i>Streptococcus</i>	$2,0 \times 10^2$	0
<i>Rhodococcus</i>	$1,0 \times 10^2$	$8,7 \times 10^3$

Микроорганизмы рода *Weissella* – это род грам-положительных бактерий, которые по современной классификации чаще всего относят к семейству Lactobacillaceae, иногда – к семейству Leconostococcaceae [11].

Таким образом, оба рода схожи по своим физиолого-биохимическим свойствам, но среди представителей рода *Weissella* обнаружены отдельные виды, обладающие высокой вирулентностью и способные вызывать заболевания у человека. Данные микроорганизмы не могут быть использованы при производстве средств коррекции микрофлоры, поэтому мы останавливаемся на выделении чистых культур молочнокислых микроорганизмов рода *Lactobacillus* [12, 13].

Исходя из спектра метаболитов для исследования микробного состава нами были выбраны плотные питательные среды: MRS – для культивирования молочнокислых и уксуснокислых микроорганизмов; Сабуро – для культивирования грибковой флоры [14].

Первоначально посевы инкубировали на плотной питательной среде в течение трех дней при температуре 30⁰С в анаэробных условиях. На чашках со средой MRS лактобактерии выглядят как белые непрозрачные колонии с прорастанием в агар в виде паучка и без него (рис. 6). Края колоний ровные, слизь на них отсутствует, по размерам колонии мелкие, 1 – 3 мм в диаметре [15].

При микроскопии мазков, окрашенных по Граму, были обнаружены только грам-положительные микроорганизмы: как палочки различных размеров, так и кокки. Известно, что уксуснокислые микроорганизмы относятся к грам-отрицательным, однако нам их обнаружить и выделить не удалось.

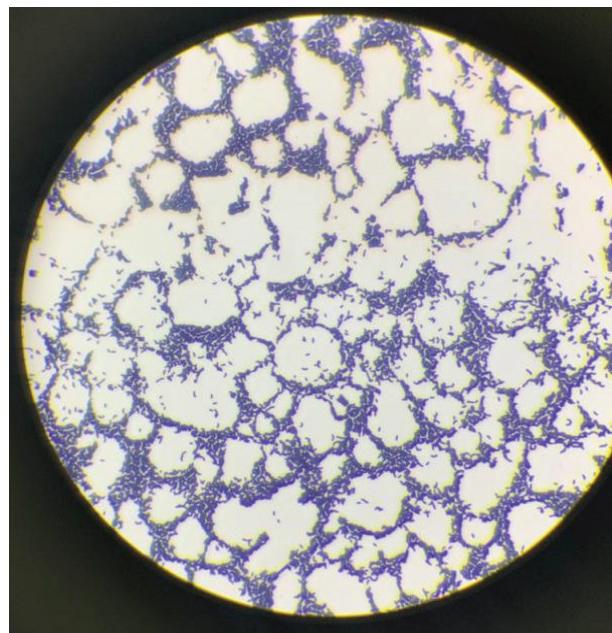


Рис. 6. Микроскопия рассола квашеной капусты, культивированного на среде MRS

На среде Сабуро рост был виден только в образце 3 суток ферментации. Определялись дрожжевая флора и грибы рода *Penicillium*, которые легко отличить по органам плодоношения – специфической метелке (рис. 7). Плесневые грибы были выделены однократно и только на 3-и сутки культивирования.

Дрожжи, не образующие мицелия, выделяли также только на 3-и сутки культивирования, но во всех образцах (рис. 8).

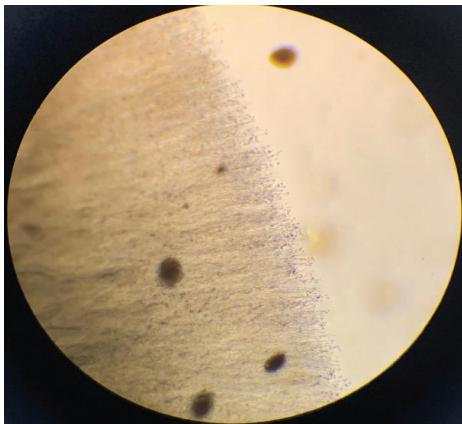


Рис. 7. Микроскопирование колонии гриба рода *Penicillium*

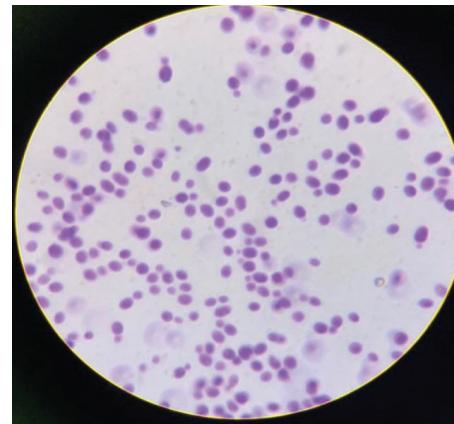


Рис. 8. Культура дрожжей, высеваемых из рассола квашеной капусты

Таким образом, в ходе практического анализа установлено, что рассол после 30 суток ферментации содержит большое разнообразие и концентрацию метаболитов.

В рассоле содержатся микроорганизмы, обладающие гетероферментативным типом брожения с образованием молочной, уксусной кислот и этилового спирта. В основном (98 – 99 % от всех микроорганизмов) в него входят микроорганизмы родов *Weissella* и *Lactobacillus*.

Выделенные чистые культуры микроорганизмов, способных быть продуцентами метаболита, имеют различную морфологию и относятся к лактобактериям и лактококкам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корниенко Е.А. Метаболическое действие микробиоты и метабиотики // РМЖ. – 2016. – Т. 24, № 18. – С. 1196–1201.
2. Омарова Ж.Б., Бепеева А.Е., Какимова Ж.Х. Пробиотики: история и определение // Кузбасс: образование, наука, инновации: материалы инновационного конвента, Новокузнецк, 5 декабря 2014 г. – Новокузнецк: Сиб. гос. индустриал. ун-т, 2014. – С. 157–158.
3. Чернега О.П., Казимириченко О.В. Совершенствование технологии производства квашеной белокочанной капусты с применением молочнокислых бактерий // Известия КГТУ. – 2020. – № 58. – С. 102–115.
4. Глазков С.В., Копцев С.В., Самойлов А.В. Биотехнологическая трансформация овощного сырья в процессе направленного ферментирования молочнокислыми микроорганизмами // Овощи России. – 2018. – № 2. – С. 76–79.
5. Посокина Н.Е., Захарова А.И. Молочнокислые микроорганизмы, создающие оптимальные стартовые условия для процесса ферментации капусты белокочанной // Овощи России. – 2019. – № 4 (48). – С. 80–84. – DOI: 10.18619/2072-9146-2019-4-80-84.
6. Ахмедов В.А., Кашиева К.А., Гаус О.В. Микробиота кишечника и критические состояния // Медицинский алфавит. – 2020. – № 37. – С. 16–20. – DOI: 10.33667/2078-5631-2020-37-16-20.
7. Шишилова Е.С., Посокина Н.Е., Лялина О.Ю. Основы ферментирования белокочанной капусты // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2018. – Т. 80, № 2(76). – С. 242–248. – DOI: 10.20914/2310-1202-2018-2-242-248.
8. Ивашикин В.Т., Ивашикин К.В. Микробиом человека в приложении к клинической практике // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии – 2017. – Т. 27, № 6. – С. 4–13.
9. Цисарык О.Й., Сливка И.Н., Мусий Л.Я. Исследование влияния состава защитной среды на сохранение жизнеспособности лиофилизированных бактерий *L. lactis* и *L. plantarum*, вы-

деленных из традиционной карпатской брынзы // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. – 2017. – Т. 19. № 75. – С. 29–34.

10. Шлыкова А.Н., Устимова Е.А., Белокурова Е.С. Использование стартовых культур микроорганизмов *Lactobacillus plantarum* 8P-A3 и *Lactobacillus fermentum* 39 в производстве квашеной капусты // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием / Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий, Санкт-Петербург, 19–24 ноября 2018 г. СПб., 2018. – С. 47–50.

11. Физиолого-биохимические свойства лактобактерий, обуславливающие применение микроорганизмов для создания консерванта / О.О. Бабич, Л.С. Дышлюк, С.А. Сухих, М.И. Зимина // Техника и технология: новые перспективы развития. – 2015. – № XVI. – С. 141–146.

12. Посокина Н.Е., Шишлова Е.С., Захарова А.И. Влияние консорциумов молочнокислых микроорганизмов на динамику активной и титруемой кислотности на основном этапе ферментации белокочанной капусты // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2018. – Т. 80, № 3 (77). – С. 140 – 147. – DOI: 10.20914/2310-1202-2018-3-140-147.

13. Использование молочнокислых бактерий в биотехнологических процессах / Е.В. Светлакова, Н.А. Ожередова, М.Н. Веревкина, А.Н. Кононов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 559.

14. Осипова Н.И. Проценко Т.А., Назарова Л.С. Питательная среда для санитарно-микробиологической оценки воздуха [Среда Сабуро, модифицированная нанопорошками карбида кремния, цинка и меди]. // Вестн. Сарат. госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 2011. – № 10. – С. 35–37.

15. Сидоренко О.Д., Жукова Е.В., Пастух О.Н. Биологическая активность лактобактерий природных заквасок // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 2, № 10. – С. 34–37.

REFERENCES

1. Kornienko E.A. *RMJ*, 2016, Vol. 24, No. 18, pp. 1196-1201. (In Russ.)
2. Omarova Zh.B., Babaeva A.E., Kakimova J.H., *Kuzbass: education, science and innovation* (Kuzbass: education, science, innovation), Proceedings of the innovation Convention, Novokuznetsk, December 2014, Novokuznetsk, 2014, pp. 157-158. (In Russ.)
3. Chernega O.P. *Izvestiya KSTU*, 2020, No. 58, pp. 102-115. (In Russ.)
4. Glazkov S.V., Koptsev S.V., Samoilov A.V., *Vegetables of Russia*, 2018. No. 2, pp. 76-79. (In Russ.)
5. Posokina N.E., Zakharova A.I., *Vegetables of Russia*, 2019, No. 4 (48), pp. 80-84, DOI: 10.18619/2072-9146-2019-4-80-84. (In Russ.)
6. Akhmedov V.A., Kasheva K.A., Gauss O.V., *Medical alphabet*, 2020, No. 37, pp. 16-20, DOI: 10.33667/2078-5631-2020-37-16-20. (In Russ.)
7. Shishlova E.S., Posokina N.E., Lyalina O.Yu., *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2018, Vol. 80, No. 2 (76), pp. 242-248, DOI: 10.20914/2310-1202-2018-2-242-248. (In Russ.)
8. Ivashkin V.T. Ivashkin V.C., *Russian journal of gastroenterology, Hepatology, Coloproctology*, 2017, Vol. 27, No. 6, pp. 4-13. (In Russ.)
9. Cisarik O.Th., Slivka, I.N., Musy L.Y., *Naukovi Luvska Visnyk of national University veterinarian medicine that biotechnology imeni S.Z. Geckogo*, 2017, Vol. 19, No. 75, pp. 29-34.

10. Shlykova A.N., Ustimova E.A., Belokurova E.S., *SPbPU Science Week* (SPbPU Science Week), Proceedings of the Scientific Conference with International Participation, November 19-24, 2018, St. Petersburg, 2018, pp. 47-50. (In Russ.)
11. Babich O.O., Dyshlyuk L.S., Sukhoi S.A., Zimina M.I., *Technique and technology: new prospects for development*, 2015, No. XVI, pp. 141-146. (In Russ.)
12. Posokina N.E., Shishlova E.S., Zakharova A.I., *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2018, Vol. 80, No. 3 (77), pp. 140-147, DOI: 10.20914/2310-1202-2018-3-140-147. (In Russ.)
13. Svetlakova E.V., Ozheredova N.A., Verevkina M.N., Kononov A.N., *Modern problems of science and technology education*, 2015, No. 3, pp. 559. (In Russ.)
14. Osipova N.I. *Veterinary medicine. Abstract journal*, 2012, No. 3, pp. 568. (In Russ.)
15. Sidorenko O.D., Zhukova E.V., Pastukh O.N., *Successes of modern Science*, 2017, Vol. 2, No. 10, pp. 34-37. (In Russ.)

ИЗУЧЕНИЕ АНТИОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕЦИТИНА В СОСТАВЕ БЕЛКОВО-ЖИРОВОЙ ЭМУЛЬСИИ НА ОСНОВЕ ЖИВОТНЫХ ЖИРОВ

М.В. Патшина, кандидат технических наук, доцент
Г.В. Гуринович, доктор технических наук, профессор
И.С. Патракова, кандидат технических наук, доцент
С.А. Серегин, кандидат технических наук, доцент
Н.С. Горюнова, студент-магистрант

Кемеровский государственный университет

E-mail: m.patshina@yandex.ru

Ключевые слова: лецитин, белково-жировая эмульсия, антиокислительные свойства, животный жир, окисление липидов.

Реферат. Сроки хранения ряда мясных продуктов ограничиваются окислительными процессами в их жировой составляющей. Соответственно, использование добавок, влияющих на скорость окисления жира, напрямую связано с сохранением качества продуктов на более длительное время с увеличением сроков хранения. Для снижения затрат при производстве и расширения ресурсов производители заменяют животные жиры на белково-жировые эмульсии, в связи с чем целью исследований являлось изучение влияния лецитина на интенсивность и динамику процесса окисления липидов белково-жировых эмульсий в процессе хранения при отрицательных температурах. Объектами исследований являлись белково-жировые эмульсии с разным уровнем добавления лецитина. Изменение показателей кислотного, перекисного и тиобарбитуратового чисел в процессе хранения белково-жировых эмульсий с добавлением лецитина свидетельствует о том, что добавление 1 % лецитина от общего количества сырья позволяет замедлить процессы гидролиза и окисления жира без изменения органолептических характеристик.

THE INVESTIGATION OF LECITHINE ANTIOXIDANT ABILITY UNDER CONSIST OF PROTEIN-FATS EMULSION BASED ON ANIMALS' FATS

M.V. Patshina, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
G.V. Gurinovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
I.S. Patrakova, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
S.A. Seregin, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor
N.S. Goriunova, Master's Student

Kemerovo State University

Key words: *lecithine, protein-fat emulsion, antioxidant ability, animal fat, oxidations lipids.*

Abstract. The high concentration fats in meat products is important value in terms of a healthy nutrition as well as keeping their quality on long-term period. The shelftime of a number of meat products is limited by oxidative processes in their fat's component. The producers can offer the meats products with substitute animal fats on protein-fat emulsion in response to consumer demand for low-fat products. The added water content in emulsions reducers the stability of the products during storage process. The research aims to investigate the influence of lecithine on the intensity and dynamics of oxidation lipids of protein-fat emulsion during storage at below-freezing temperature. The subjects of research were protein-fat emulsions with various levels of lecithine addition. Changes in acid, peroxide and thiobarbiturate numbers during storage of protein-fat emulsions with addition of lecithine indicate stabilization of oxidation processes of lipid fraction.

Большая часть мясных продуктов отличается высоким содержанием жира, что влияет на сроки годности в силу окислительной лабильности липидов в их составе. Данное свойство определяет актуальность изучаемой темы для мясной промышленности. В частности, замороженные рубленые полуфабрикаты достаточно устойчивы к микробной порче, но окислительные процессы жиров развиваются и при отрицательных температурах, что приводит к изменению вкуса и аромата продукта, накоплению токсичных продуктов окисления, разрушению жирорастворимых витаминов.

Окисление жиров представляет собой необратимый автокаталитический процесс, при котором жирные кислоты подвергаются воздействию кислорода с образованием активных свободных радикалов. Свободные радикалы и химически активные молекулы, содержащие кислород, такие как супероксид-радикал ($O_2^{\cdot-}$), синглетный кислород (1O_2), гидроксил-радикал (OH^{\cdot}), перекисный (ROO^{\cdot}), алкоксильный (RO^{\cdot}), являются активными формами кислорода, которые оказывают существенное влияние на биологические системы с образованием опасных и токсичных веществ.

Скорость окислительных процессов зависит от большого количества факторов, в частности температуры, профиля жирных кислот, наличия ферментов, количества воды и др. Окисление невозможно предотвратить, однако скорость этого процесса можно значительно снизить с помощью антиокислителей [1].

Для сторонников здорового образа жизни при выборе продуктов определяющим фактором является их состав как по основным, так и по добавленным компонентам, включая антиоксиданты, среди которых они отдают предпочтение ингредиентам натурального происхождения. В связи с этим основная задача исследователей заключается в поиске новых жизнеспособных альтернатив, которые могут уменьшить или устраниить нежелательные компоненты в мясных продуктах, расширяя тем самым ассортимент продуктов для здорового питания.

Еще одним из направлений «оздоровления» мясных продуктов является разработка мясных продуктов с низким содержанием жира и улучшенным жирнокислотным профилем. Замена части животного жира на белково-жировую эмульсию способствует снижению общей доли жира в мясных продуктах за счет использования в ее составе белка и воды. С другой стороны, добавление воды и аэрирование липидов в процессе приготовления эмульсии действуют как факторы снижения стойкости липидов при хранении.

Известно, что способностью замедлять окисление жиров, наряду с синтетическими антиокислителями, обладают некоторые травы, специи и их экстракты (розмарин, толокнянка, зверобой, кора дуба и др.). Среди природных антиоксидантов известны также токоферолы, дигидрокверцетин, каротин [2].

Несомненный интерес в качестве натурального антиоксиданта представляют лецитины, которые придают пищевым продуктам профилактическую направленность, снижая в организме человека количество холестерина, приводящего к развитию заболеваний сердечно-сосудистой системы [3]. Лецитины, являясь поверхностно-активными веществами (ПАВ), обладают эмульгирующей способностью, благодаря чему находит широкое применение в производстве маргаринов, майонезов, шоколада, выпечке мучных и хлебобулочных кондитерских изделий [4, 5].

Важная особенность фосфолипидов, отличающая их от других эмульгаторов, – это способность образовывать липосомы, т.е. липидные везикулы либо «пузырьки», которые представляют частицы, образованные концентрическими замкнутыми липидными бислоями с внутренним водным слоем, изолированным от внешней среды и содержащим различные включения пептидов или белков. Данная способность фосфолипидов и позволяет использовать их в пищевой промышленности как антиокислитель, так как фосфолипиды способны защищать от внешних воздействий, сохранять влагу или органические вещества, снижать точку замерзания продуктов [6].

Основным фосфолипидом полярной липидной фракции различных лецитинов, в частности соевого, подсолнечного, яичного, кукурузного, рапсового, является фосфатидилхолин [7]. Именно этот фосфолипид проявляет сильный синергетический эффект с природными антиоксидантами растительных масел, какими являются токоферол и кверцетин. Утверждается, что по мере увеличения содержания влаги антиоксидантные свойства фосфатидилхолина значительно возрастают [8–10]. В ряде работ доказаны антиокислительные свойства лецитина в отношении животных жиров, для которых характерно низкое содержание природных антиоксидантов, что повышает возможности лецитина как технологического компонента [6]. По сравнению с маслами и жирами более сложной системой являются эмульсии, специфика которых заключается в наличии границы раздела фаз, большой удельной поверхности диспергированной жирной фазы, способной адсорбировать катализатор окисления – кислород. Белково-жировые эмульсии широко применяются в технологии мясных продуктов в качестве одного из наиболее распространенных жировых компонентов.

В связи с этим целью представленной работы является изучение антиокислительной стабильности белково-жировой эмульсии на основе животного жира, обогащенной лецитином.

Белково-жировую эмульсию (БЖЭ) готовили на основе изолята соевого белка Майсол в соответствии с рекомендациями фирмы изготовителя, жира-сырца свиного и воды в соотношении 1 : 5 : 5 соответственно. Жир-сырец свиной предварительно измельчали на волчке с диаметром отверстий решетки 3–5 мм. Сухой лецитин добавляли на стадии гидратации белкового препарата. Фракционный состав лецитина: фосфатидилхолин (26 %), фосфатидилэтаноламин (20 %), инозит фосфатид (14 %), фитогликолипиды (13 %) и другие фосфатиды и липиды (17,2 %).

В ходе эксперимента исследовали три опытных образца белково-жировой эмульсии с добавлением 1, 5 и 10 % лецитина к массе сырья и контрольный образец – без лецитина. Диапазон исследуемых концентраций устанавливали на основании анализа литературных данных и инструкций по применению лецитина в производстве пищевых продуктов.

Приготовление эмульсии выполняли на микрокуттере с последовательным добавлением воды, белкового препарата и в конце обработки – измельченного жира-сырца, общая продолжительность куттерования 3–5 мин.

Все образцы белково-жировой эмульсии замораживали и хранили при температуре минус 12 °C в течение 2 месяцев. Отбор проб проводили каждые 15 дней с целью определения показателей, характеризующих состояние жирной фазы эмульсии.

Определение свободных жирных кислот (кислотное число КЧ) выполняли титриметрическим методом в соответствии с ГОСТ Р 50457.

Первичные продукты окисления (перекиси и гидроперекиси) определяли методом, основанным на реакции взаимодействия их с йодистым калием в растворе уксусной кислоты и хлороформа с последующим количественным определением выделившегося йода раствором тиосульфата натрия титриметрическим методом (ГОСТ Р 51487), результат определения выражали значением перекисного числа (ПЧ).

Накопление вторичных продуктов окисления устанавливали фотометрическим методом, основанным на реакции тиобарбитуровой кислоты с малоновым альдегидом, образующимся при окислении жирных кислот, и последующем измерении интенсивности окраски на спектрофотометре (ГОСТ Р 55810). Результат определения представляли как тиобарбитуровое число (ТБЧ).

Косвенным показателем окислительной порчи жирной фазы эмульсии является кислотное число, которое характеризует накопление в исследуемых образцах свободных жирных кислот и других продуктов гидролиза триглицеридов, участвующих в цепной реакции свободно-радикального окисления. Результаты определения данного физико-химического показателя в исследуемых образцах БЖЭ в процессе низкотемпературного хранения представлены на рис. 1.

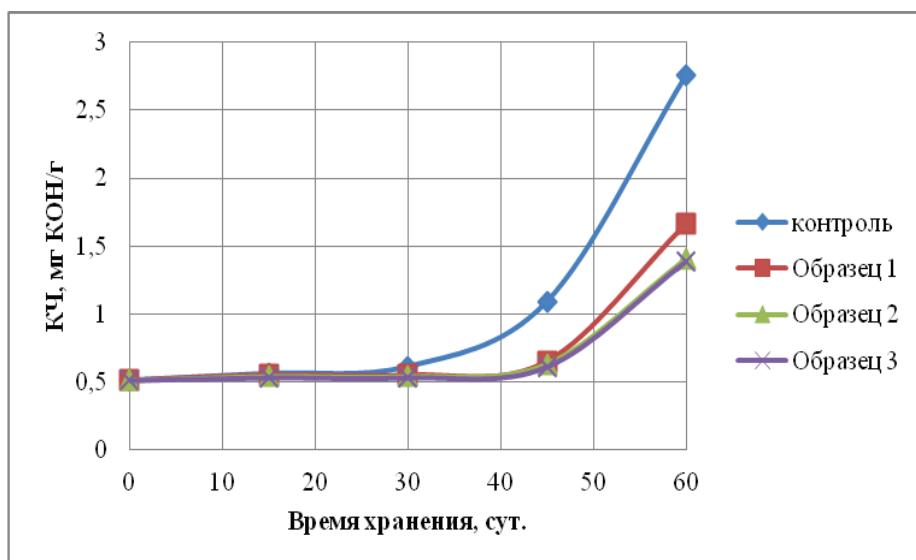


Рис. 1. Изменение кислотного числа

Согласно полученным данным, в опытных и контрольном образцах зависимости изменения кислотных чисел БЖЭ от продолжительности хранения аналогичны. Различия выявлены в интенсивности накопления свободных жирных кислот. Сразу после изготовления БЖЭ их количество составило 0,51 мг КОН/г.

Первый отбор проб через 15 суток показал незначительное изменение КЧ. Так, у контрольного образца этот показатель увеличился на 10 %, у опытных – на 4–8 %. Через 30 суток низкотемпературного хранения КЧ для опытных и контрольного образцов также различались несущественно и составили соответственно 0,61 и 0,53–0,55 мг КОН/г.

Прогрессирующее увеличение КЧ жировой фазы контрольной эмульсии выявлено на 45-е сутки хранения. К этому времени изменение показателя относительно исходного значения составило 114 %, а к 60-м суткам хранения – 441 %. Увеличение КЧ на поздних стадиях хранения можно объяснить тем, что к этому моменту начинают развиваться процессы окисления с образованием вторичных продуктов, в частности кетонов, и их последующим окислением с образованием кислот.

Для всех опытных образов значения КЧ через 45 суток изменились незначительно и составили 0,57–0,61 мг КОН/г, при этом не выявлено существенной разницы в значениях КЧ в зависимости от уровня введения лецитина. В последующие 15 суток хранения значение контролируемого показателя увеличилось на 174,5 и 172,5 % для БЖЭ с 5 и 10 % соевого лецитина и на 225,5 % для БЖЭ с 1 % лецитина.

На всем протяжении хранения после 20 суток величина показателя КЧ в контрольном образце превышает опытные в 1,7–2 раза.

Следует отметить, что величины кислотных чисел как для опытных, так и контрольного образцов эмульсий остаются в значениях, соответствующих свежему продукту.

В совокупности полученные данные свидетельствуют о замедлении процесса гидролиза жира в присутствии лецитина, увеличение концентрации которого выше 1 % не оказалось выраженного позитивного эффекта.

Параллельно проводили исследование антиокислительной активности лецитина в составе БЖЭ в зависимости от уровня его введения путем количественного определения первичных (ПЧ) и вторичных (ТБЧ) продуктов окисления.

Результаты определения ПЧ в исследуемых образцах в процессе хранения приведены на рис. 2.

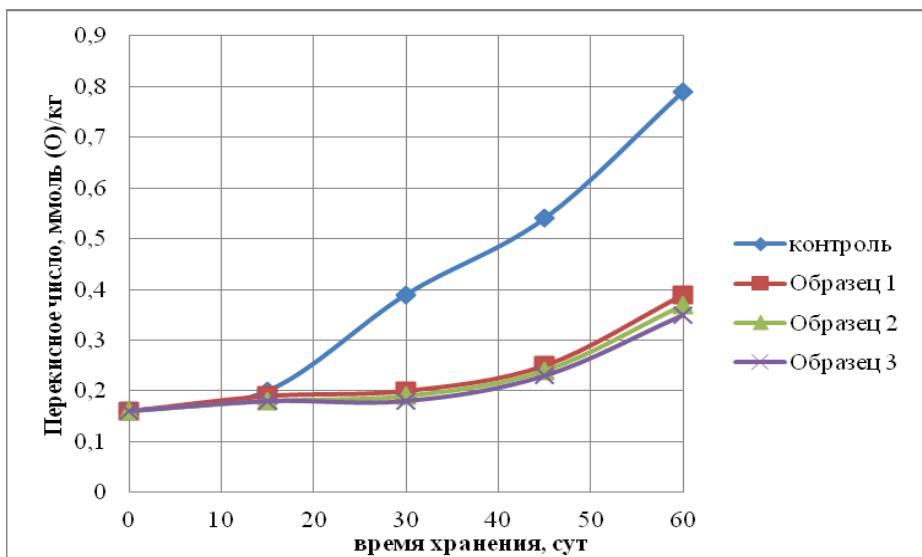


Рис. 2. Изменение перекисного числа

Установлено, что значения перекисных чисел опытных и контрольного образца БЖЭ в первые 15 суток хранения сопоставимы между собой. Сразу после изготовления БЖЭ показатель ПЧ был на уровне 0,16 %. В каждые последующие 15 суток изменение значений ПЧ в БЖЭ без лецитина относительно исходного составляет 25, 144, 238 и 394 % соответственно. Значение индукционного периода – 14 суток.

В образцах БЖЭ с добавлением лецитина образование первичных продуктов окисления происходит значительно медленнее. К 60-м суткам хранения показатель перекисного числа в контрольном образце оказался выше, чем в опытных с лецитином, в 2–2,2 раза, причем увеличение концентрации лецитина до 5 и 10 % не привело к повышению эффективности его антиокислительного действия. Значения индукционного периода для БЖЭ с 1; 5 и 10 % лецитина составили 39; 40 и 40 суток соответственно.

Коэффициент ингибирования для лецитина при использовании его в составе БЖЭ с животным жиром составил 2,8.

С результатами определения первичных продуктов окисления согласуются данные определения вторичных продуктов окисления (рис. 3).

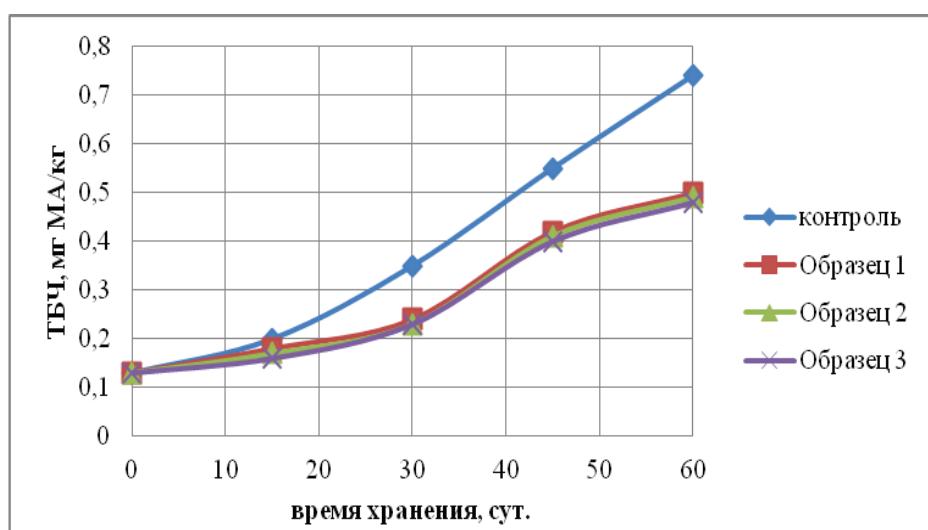


Рис. 3. Изменение тиобарбитуратового числа

На всем протяжении хранения значения ТБЧ для опытных образцов БЖЭ остаются ниже, чем в контрольном. В количественном отношении уменьшение значения ТБЧ через 30 суток хранения составило 31–34 %, через 45 суток – 23–27, через 60 суток – 32–35 %.

Полученные данные показывают, что лецитин обладает антиоксидантной активностью в составе БЖЭ на основе свиного жира, при этом эффективность его действия проявляется при концентрации 1 % к массе эмульсии и не увеличивается по мере возрастания концентрации. Полученные данные следует объяснить действием лецитина в качестве кислородного барьера между поверхностями раздела жира и воздуха. В некоторой мере антиокислительное действие может быть объяснено присутствием в фосфолипидах лецитинов аминогрупп, которые вступают во взаимодействие с карбонильными группами, образующимися при окислении липидов, и образованием продуктов реакции Майяра [11].

В ходе исследований было установлено, что добавление лецитина в количестве более 1 % приводит к изменению окраски эмульсии с белого цвета до слабо-желтого. Введение в эмульсию 10 % лецитина придает ей крохлированность после размораживания.

Таким образом, полученные значения перекисного, кислотного и тиобибитуратного чисел показали, что добавление 1 % лецитина к общему количеству сырья позволяет замедлить процессы гидролиза и окисления жира. Это имеет практическое значение при производстве продуктов пролонгированного срока хранения. Экспериментальные данные интересны также в свете реализации концепции мясных продуктов для здорового питания с целью разработки продуктов с улучшенным жирокислотным профилем, что будет реализовано на следующем этапе работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицын А.Б., Туниева Е.К., Горбунова Н.А. Окисление липидов: механизм, динамика, ингибирование // Все о мясе. – 2015. – № 1. – С. 10–15.
2. Насонова В.В. Сравнительные исследования эффективности антиокислителей / В.В. Насонова, Е.К. Туниева // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2019. – № 3 (30). – С. 563–569.
3. Современные представления о биологических свойствах лецитина (лекция для врачей) / Г.В. Дзяк, А.Л. Дроздов, С.М. Шульга, А.И. Глух, И.С. Глух // Медичні перспективи. – 2010. – № 2. – С. 123–135.
4. Лецитины в технологиях продуктов питания: монография / И.М. Жаркова, О.Б. Рудаков, К.К. Полянский, Ю.Ф. Росляков. – Воронеж: ВГУИТ. – 2015. – 256 с.
5. Красильников В.Н. Современный ассортимент лецитинов как пищевых добавок // Пищевая промышленность. – 2005. – № 5. – С. 24–27.
6. Влияние соевого лецитина на характер окислительных процессов в животных жирах / Е.И. Титов, Л.Ф. Митасева, С.К. Апраксина, В.Н. Леонова, Р.В. Муравьева // Все о мясе. – 2009. – № 6. – С. 37–39.
7. Lecithins from vegetable, land, and marine animal sources and their potential applications for cosmetic, food, and pharmaceutical sectors / M.J. Alhajj, N. Montero, C.J. Yarce, C.H. Salamanca // Cosmetics. – 2020. – Vol. 7, N. 87. – P. 19. – DOI:10.3390/cosmetics7040087.
8. Antioxidant effect of soy lecithins on vegetable oil stability and their synergism with tocopherols / A. Judde, P. Villeneuve, A. Rossignol-castera, A. le Guillou // Journal of the American Oil Chemists Society. – 2003. – Vol. 80 (12). – P. 1209–1215. – DOI:10.1007/s11746-003-0844-4.
9. Synergistic effect of lecithins for tocopherols: lecithin-based regeneration of α -tocopherol / M. Doert, K. Jaworska, J.-Th. Moersel, L.W. Kroh // European Food Research and Technology. – 2012. – Vol. 235 (5). – P. 915–928.
10. Synergism of phosphatidylcholine on the antioxidant properties of α -tocopherol in corn oils under different relative humidity / J.Y. Kim, S. Oh, Y. Bora, M.J. Kim // International Journal of Food Science & Technology. – 2015. – Vol. 50(6). – P. 1421–1428. – DOI:10.1111/ijfs.12793.

11. Cui L., Decker E.A. Phospholipids in foods: prooxidants or antioxidants? // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2016. – Vol. 96 (1). – P. 18-31.

REFERENCES

1. Lisicyn A.B., Tunieva E.K., Gorbunova N.A., *Vse o myase*, 2015, No. 1, pp. 10–15. (In Russ.)
2. Nasonova V.V. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya*, 2019, No. 3 (30), pp. 563–569. (In Russ.)
3. Dzyak G.V., Drozdov A.L., Shul'ga S.M., Gluh A.I., Gluh I.S., *Medichni perspektivi*, 2010, No. 2, pp. 123–135.
4. Zharkova I.M., Rudakov O.B., Polyanskij K.K., Roslyakov Yu.F., *Lecitiny v tekhnologiyah produktov pitaniya: monografiya* (Lecithins in food technology), Voronezh: VGU, 2015, 256 p.
5. Krasil'nikov V.N. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2005, No. 5, pp. 24–27. (In Russ.)
6. Titov E.I., Mitaseva L.F., Apraksina S.K., Leonova V.N., Murav'eva R.V., *Vse o myase*, 2009, No. 6, pp. 37-39. (In Russ.)
7. Alhajj M.J., Montero N., Yarce C.J., Salamanca C.H., Lecithins from vegetable, land, and marine animal sources and their potential applications for cosmetic, food, and pharmaceutical sectors, *Cosmetics*, 2020, Vol. 7, No. 87, P. 19, DOI:10.3390/cosmetics7040087.
8. Judde A., Villeneuve P., Rossignol-castera A., Guillou A. le, Antioxidant effect of soy lecithins on vegetable oil stability and their synergism with tocopherols, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 2003, Vol. 80 (12), pp. 1209–1215, DOI:10.1007/s11746-003-0844-4.
9. Doert M., Jaworska K., Moersel J.-Th., Kroh L.W., Synergistic effect of lecithins for tocopherols: lecithin-based regeneration of α -tocopherol, *European Food Research and Technology*, 2012, Vol. 235 (5), pp. 915-928.
10. Kim J.Y., Oh S., Bora Y., Kim M.J., Synergism of phosphatidylcholine on the antioxidant properties of α -tocopherol in corn oils under different relative humidity, *International Journal of Food Science & Technology*, 2015, Vol. 50 (6), pp. 1421-1428, DOI:10.1111/ijfs.12793.
11. Cui L., Decker E.A., *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2016. Vol. 96 (1), pp. 18-31.

ПОЛУЧЕНИЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ И СОЕВЫХ БЕЛКОВ, ОБОГАЩЕННЫХ МОЛОЧНОКИСЛЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ И ИХ МЕТОБОЛИТАМИ

Н.Л. Танькова, кандидат технических наук
Е.Л. Искакова, кандидат технических наук
В.А. Асафов, кандидат технических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности

E-mail: n_tankova@vnimi.org

Ключевые слова: молочнокислые бактерии (МКБ), концентрированная многокомпонентная система (КМС), условия культивирования, ферментация, заменитель цельного молока (ЗЦМ).

Реферат. Представлены данные кинетической зависимости роста и кислотообразующей активности молочнокислых бактерий от концентрации многокомпонентных систем. Установлено, что на исследуемых многокомпонентных системах с массовой долей сухих веществ 40 % при переходе в фазу экспоненциального роста динамика размножения МКБ и скорость снижения значений активной кислотности возрастают, через 22 – 24 ч культивирования титр МКБ соответствует нормативным требованиям, предъявляемым к ферментированным ЗЦМ. Полученные данные позволяют предположить целесообразность использования молочнокислых культур для биотехнологической обработки КМС с целью получения ферментированного заменителя цельного молока с улучшенными гигиеническими качествами, устойчивого к хранению за счет обогащения молочнокислыми культурами и их метаболитами.

OBTAINING OF CONCENTRATED MULTICOMPONENT SYSTEMS BASED ON WHEY AND SOY PROTEINS ENRICHED WITH LACTIC ACID MICROORGANISMS AND THEIR METABOLITES

N.L. Tankova, Ph.D. in Technical Science
E.L. Iskakova, Ph.D. in Technical Science
V.A. Asafov, Ph.D. in Technical Science

All-Russian Research Institute of the Dairy Industry

Key words: *lactic acid bacteria (LAB), concentrated poly-component system (CMS), cultivation conditions, fermentation, calf milk replacer (CMR).*

Abstract. The authors presented data on the kinetic dependence of the growth and acid-forming activity of lactic acid bacteria on the concentration of multicomponent systems. The authors also found that in the multicomponent systems studied, with a mass fraction of solids of 40%, the dynamics of lactic acid bacteria LAB multiplication and the rate of reduction of active acidity values increased after 22 to 24 hours of cultivation during the transition to the exponential growth phase. The titer of the lactic acid bacteria LAB meets the regulatory requirements for fermented calf milk replacer (CMR). The data obtained suggest the feasibility of using lactic acid cultures for biotechnological treatment of CMCS. The authors investigated the feasibility of these in order to create a fermented calf milk replacer with improved hygiene and storage stability through enrichment with lactic acid cultures and their metabolites.

Для гигиенической безопасности, устойчивости к хранению, улучшения вкусовых качеств пищевых продуктов и кормов используются молочнокислые бактерии, которые снижают риск их порчи, развития патогенных микроорганизмов, продуцируя органические кислоты, перекись водорода, диацетил, антифунгальные компоненты, а также бактериоцины [1–4]. Эффективность действия МКБ определяется не только качественными показателями продуктов и кормов, лактобактерии результативно воздействуют на организм человека и животных. Итог воздействия зависит и от их способности образовывать указанные выше соединения и от адгезивной активности, способности бактерий прикрепляться к эпителию кишечника в результате взаимодействия бактериальных адгезинов с рецепторами на клетках тканей организма. Адгезин молочнокислых бактерий представляет собой комплексную структуру, состоящую из белка и полисахаридов.

При подборе штаммов особое внимание уделяют их антагонистической активности по отношению к патогенной и условно-патогенной микрофлоре, что позволяет не только способствовать восстановлению полезной флоры, но и подавлять нежелательную микрофлору, а также обеспечить хранимоспособность продукта. У представителей всех видов лактобактерий отмечена способность подавлять другие микроорганизмы, однако активность лактобацилл выше, чем лактококков. Бактерицидное действие лактобацилл на микрофлору зависит от условий обитания и в основном определяется свойствами отдельных штаммов.

Активность воздействия на нежелательную микрофлору можно усилить путем использования сочетающихся композиций, состоящих из разных штаммов бифидобактерий, ацидофильных бактерий и болгарской палочки. Для роста лактобацилл наиболее благоприятны слегка подкисленные среды с начальным pH 5,4 – 6,4. Рост культур, как правило, замедляется в щелочных и нейтральных средах, а также при достижении pH 3,6 – 4,0. Физиологической особенностью лактобацилл является их кислотоустойчивость и спиртоустойчивость, они способны развиваться в питательных субстратах при высоких концентрациях этилового спирта – 18–24 % об. [5–7]. Целесообразно использование МКБ для биотехнологической обработки КМС, в том числе и разработки методов переработки нереализованной молочной и молокосодержащей продукции, структурированной по показателям пищевой ценности и безопасности, в качестве компонента КМС с целью создания рецептур ЗЦМ высокого качества. В России, по нашим данным, объем нереализованной молочной продукции достигает 5 % от поступившей в торговые сети, или до 1500 тыс. т в год. Более полное использование ресурсов пищевой промышленности позволит снизить издержки трофической цепи потребления продовольствия.

Объекты исследований – концентрированные многокомпонентные системы с массовой долей сухих веществ 40 и 50 %, культуры микроорганизмов *L. acidophilus*, *L. bulgaricus*, *S. thermophilus* (коллекции микроорганизмов Всероссийского научно-исследовательского института молочной промышленности (ВНИМИ, Москва, Россия)).

Определение полипептидного и аминокислотного состава проводилось по методу капиллярного электрофореза (КЭФ), ГОСТ 33428-2015 [17], массовой доли белка – методом Кельдаля, массовой доли сухих веществ – на инфракрасном анализаторе ML-50, AnD, Япония (в анализаторе влажности реализован принцип термогравиметрического анализа, при котором производится высушивание образца с помощью галогеновой лампы и расчет процентного содержания влаги путём определения изменения массы образца). микробиологические исследования – по ГОСТ Р 51426-2016; ГОСТ 10444.11-2013 [19, 20]. В процессе работы изучали кинетические зависимости роста и кислотообразующей активности молочнокислых бактерий от концентрации многокомпонентных систем.

Ферментацию КМС проводили инокулированием закваской МКБ. Для эксперимента использовались препараты молочнокислых бактерий с нормализацией $1 \cdot 10^{10}$ КОЕ/г. В работе учитывались специфические свойства субстрата, температурные режимы производства, сочтаемость видов и штаммов для объединения отдельных культур в микробиоценозы закваски. Варыровались: массовая доля сухих веществ многокомпонентных сред (40; 50 %); инокуляты: *L. acidophilus*, *L. bulgaricus*, *L. bulgaricus* и *S. thermophilus* в соотношении 1 : 4 и *L. bulgaricus* и *S. thermophilus* в соотношении 1 : 2; масса закваски (3; 5 %). Рост и обменные процессы МКБ проводили в температурном оптимуме микроорганизмов: *L. acidophilus* – 37 °C; *L. bulgaricus* и *S. thermophilus* – 42 °C.

Режимы и последовательность подготовки сырья, а также регулирование структурно-механических и функциональных свойств КМС установлены на основе аналитических и ранее проведённых нами экспериментальных исследований [21–29] по критериям инактивации антипитательных веществ, растворимости и снижения антигенной активности белков, органолептическим показателям, эффективной вязкости, получения пептидов с заданными свойствами (около 50 % белков в ферментированной фракции имеют молекулярную массу менее 10 кД). Физико-химические показатели, белковый и аминокислотный составы КМС приведены в табл. 1.

Таблица 1
Физико-химические показатели КМС

Показатель	Значение
1	2
Массовая доля сухих веществ, %	
образец 1	40
образец 2	50
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %, не более (в том числе не более 28 % содержится в белково-жировом концентрате на основе нереализованной молочной продукции при его использовании)	24,0
Активная кислотность, ед. pH среды	5,4-6,2
Массовая доля белка в пересчете на сухих веществ, %, не менее (в том числе не более 37 % содержится в белково-жировом концентрате на основе нереализованной молочной продукции при его использовании)	22,0
Распределение молекулярной массы, %	
Менее 3,5 кДа	2,9
3,5–5,0 кДа	16,1
5,0–10,0 кДа	41,0
Более 10,0 кДа	39,3
Содержание аминокислот, мг/100 г продукта	
Аргинин	1019,0
Лизин	938,3
Тирозин	722,9
Фенилаланин	865,7
Гистидин	625,8
Лейцин + изолейцин	1963,0
Метионин	360,6
Валин	584,0

Окончание табл. 1

	1	2
Пролин		1065,0
Треонин		665,8
Серин		959,5
Аланин		723,0
Глицин		673,5
Триптофан		135,2
Аспарагин + аспарагиновая кислота		2565,0
Цистеин + цистеиновая кислота		1779,0
Глутамин + глутаминовая кислота		249,8

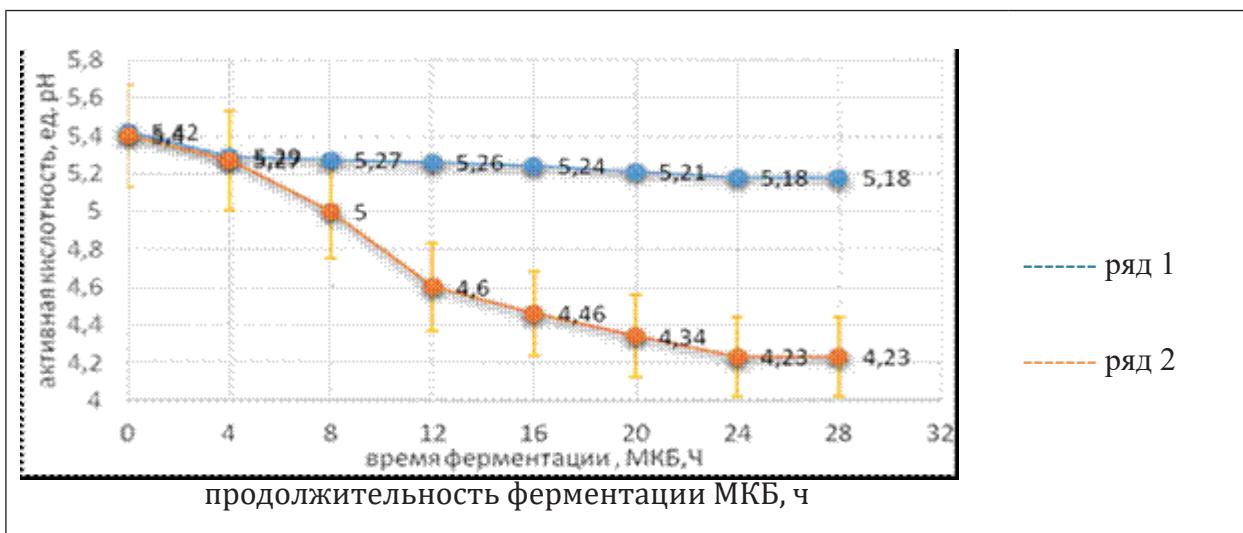
В соответствии с полученными данными, значения активной кислотности снижались в среднем на 0,15 ед. pH в фазе адаптации *L. acidophilus*, *L. bulgaricus*, *S. thermophylus*, консорциума *L. bulgaricus* и *S. thermophylus* на исследуемых средах. При переходе в фазу экспоненциального роста динамика размножения МКБ и скорость снижения значений активной кислотности возрастают (рис. 1, 2).

Через 22 – 24 ч культивирования *L. acidophilus*, *L. bulgaricus* и сокультивирования консорциума *L. bulgaricus* и *S. thermophylus* в соотношении 1 : 2 на средах с массовой долей сухих веществ 40 % значения активной кислотности снизились до уровня 4,2 – 4,3 ед. pH и 4,4 – 4,5 ед. pH при сокультивировании *L. bulgaricus* и *S. thermophylus* в соотношении 1 : 4, снижение кислотообразующей активности обусловлено более интенсивной динамикой размножения *S. thermophylus* (см. рис. 2). Титр МКБ через 22 – 24 ч составил в среднем $1,1 \cdot 10^7$ клеток на 1 мл, что соответствует нормативным требованиям, предъявляемым к ферментированным ЗЦМ (табл. 2).

Повышение концентрации сухих веществ в КМС до 50 % приводит к уменьшению количества активных клеток молочнокислых микроорганизмов и снижению кислотообразующей активности МКБ. Такая динамика изменения активной кислотности сохранялась независимо от инокулята МКБ (см. рис. 1). Титр МКБ через 22 – 24 ч в средах с массовой долей сухих веществ 50 % составил в среднем $7,0 \cdot 10^6$ клеток на 1 мл. Массовая доля закваски к объему среды в исследуемых значениях не оказывает существенного влияния на кислотообразующую активность *L. acidophilus*, *L. bulgaricus*, *S. thermophylus*, а также консорциума *L. bulgaricus* и *S. thermophylus*. Молочнокислые культуры *L. acidophilus*, *L. bulgaricus* имеют высокую кислотообразующую активность на исследуемых средах и низкую постокислительную активность 0,03 ед. pH в течение 48 ч хранения ферментированных КМС при (4±2) °C.

Таблица 2
Влияние концентрации КМС на рост МКБ

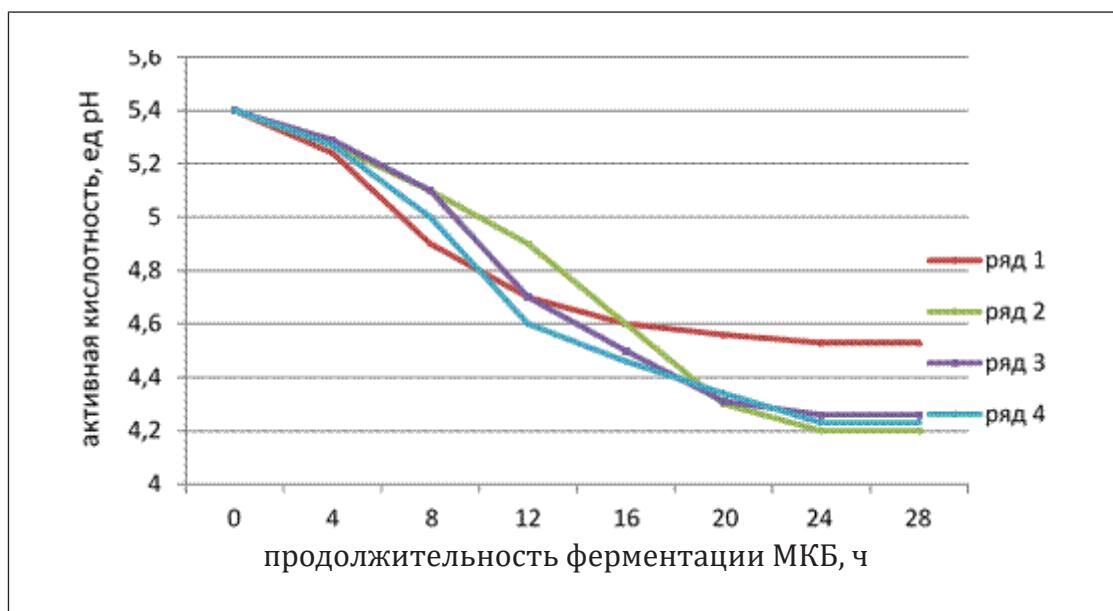
Видовой состав заквасок	Количество клеток МКБ в 1 мл	
	Массовая доля сухих веществ в среде 40 %	Массовая доля сухих веществ в среде 50 %
<i>L. acidophilus</i>	$8,0 \cdot 10^7$	$9,0 \cdot 10^6$
<i>L. bulgaricus</i>	$1,1 \cdot 10^7$	$7,0 \cdot 10^6$
<i>L. bulgaricus</i> и <i>S. thermophylus</i> в сочетании 1 : 4	$1,1 \cdot 10^7$	$7,0 \cdot 10^6$



– ряд 1 – на КМС с массовой долей сухих веществ 50%;

– ряд 2 – на КМС с массовой долей сухих веществ 40%.

Рис. 1. Зависимость кислотообразующей активности МКБ (*L. acidophilus*) от концентрации КМС



Состав заквасок:

– ряд 1 – *L. bulgaricus* и *S. thermophylus* в сочетании 1 : 4 соответственно;

– ряд 2 – *L. bulgaricus* и *S. thermophylus* в сочетании 1 : 2 соответственно;

– ряд 3 – *L. bulgaricus*; ряд 4 – *L. acidophilus*

Рис. 2. Зависимость кислотообразующей способности МКБ от продолжительности культивирования на средах с массовой долей сухих веществ 40 %

Полученные данные позволяют предположить целесообразность использования *L. acidophilus*, *L. bulgaricum*, *S. thermophylus*, а также консорциума *L. bulgaricum* и *S. thermophylus* (в сочетании 1 : 2 соответственно) для биотехнологической обработки многокомпонентных систем с массовой долей сухих веществ 40 % с целью получения ферментированного заменителя цельного молока с улучшенными гигиеническими качествами, устойчивого в хранении, за счет обогащения молочнокислыми культурами и их метаболитами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эффективность использования пробиотиков Бацелл и Моносорбин в рационах коров и телят / Л.Г. Горковенко, А.Е. Чиков, Н.А. Омельченко, Н.А. Пышманцева // Зоотехния. – 2011. – № 3. – С. 13–14.
2. Груздев К.И. Интерфероны в ветеринарии. – М.: Агропромиздат, 1989. – 45 с.
3. Гусев М.В., Минеева Л.А. Микробиология [Электронный ресурс]. – 3-е изд. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. – Режим доступа: <http://evolution.powernet.ru/library/micro/01.html> (дата обращения: 24.01.2011).
4. Давтян Д. Оптимизация рубцовой микрофлоры – путь к улучшению здоровья и продуктивности жвачных // Молочное и мясное скотоводство. – 2005. – № 2. – С. 28–29.
5. Глушанова Н.А. Биологические свойства лактобацилл // Бюллетень сибирской медицины. – 2003. – № 4.
6. Квасников Е.И., Нестеренко О.А. Молочнокислые бактерии и пути их использования. – М.: Наука, 1975. – 384 с.
7. Глушанова Н.А. Лактобациллы в исследовании и коррекции резидентной микрофлоры человека: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Челябинск, 1999. – 29 с.
8. Глушанова Н.А., Блинов А.И. Исследование резидентной микрофлоры полости рта // Муниципальное здравоохранение в переходный период (проблемы, достижения, перспективы): сб. тр. ?посвящ. 70-летнему юбилею муниципальной клинической больницы г. Новокузнецка. – Новокузнецк, 2000. – С. 150–151.
9. Коваленко Н.К. Биология молочнокислых бактерий пищеварительного тракта человека и животных: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Киев, 1991. – 29 с.
10. Костюк О.П., Чернышова Л.И., Волоха А.П. Физиологические и терапевтические свойства лактобактерий // Педиатрия. – 1998. – № 1. – С. 71–76.
11. Ленцнер А.А. Лактофлор животного организма и ее защитная функция // Теоретические и практические проблемы гнотобиологии. – М.: Агропромиздат, 1986. – С. 195–200.
12. Лактофлора и колонизационная резистентность / А.А. Ленцнер, Х.П. Ленцнер, М.Э. Микельсаар [и др.] // Антибиотики и медицинская биотехнология. – 1987. – Т. 32, № 3. – С. 173–179.
13. Лихачева А.Ю. Устойчивость к антибактериальным препаратам лактобацилл различного происхождения // Материалы VII съезда Всерос. общества эпидемиологов, микробиологов и паразитологов. – М., 1997. – Т. 2. – С. 355–356.
14. ГОСТ 33428-2015 (ISO 17180:2013) Корма, премиксы. Определение содержания лизина, метионина и треонина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/60785/17> (дата обращения: 15.03.2021).
15. Антимикробные свойства *Lactobacillus* в кисломолочных продуктах / А.В. Бегунова, И.В. Рожкова, Т.И. Ширшова, Ю.И. Крысанова // Молочная промышленность. – 2020. – № 6. – С. 22–23. – DOI: 10.31515/1019-8946-2020-06-22-23
16. Антагонистическая активность молочнокислых бактерий *Lactobacillus* spp. в отношении клинических изолятов *Klebsiella pneumonia* / Т.В. Федорова, Д.В. Васина, А.В. Бегунова, И.В. Рожкова, Т.А. Раскошная, Н.И. Габриэлян // Прикладная биохимия и микробиология. – 2018. – Т. 54, № 3. – С. 1–13. – DOI: 10.7868/S05551099180300
17. Динамика размножения *L. reuteri* и *L. helveticus* / А.В. Бегунова, В.Ф. Семенихина, И.В. Рожкова, Т.А. Раскошная // Молочная промышленность. – 2017. – № 9. – С. 47–48.
18. ГОСТ 33428-2015 (ISO 17180:2013) Корма, премиксы. Определение содержания лизина, метионина и треонина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200124600> (дата обращения: 26.02.2017).
19. ГОСТ Р 51426-2016 Микробиология. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 2018-01-01, <https://docs.cntd.ru/document/1200140736> (дата обращения: 26.02.2017).
20. ГОСТ 10444.11-2013 (ISO 15214:1998) Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: 2015-01-01, <https://docs.cntd.ru/document/1200106915> (дата обращения: 24.01.2011).

21. *Оценка рынка и разработка способов переработки нереализованной молочной продукции* / В.А. Асафов, В.Д. Харитонов, Н.Л. Танькова, Е.Л. Искакова // Актуальные вопросы молочной промышленности. Межотраслевые технологии и системы управления качеством. – М.: ВНИМИ, 2020. – Т. 1, № 1 (1). – С. 41–45.

22. *Агаркова Е.Ю., Кручинин А.Г.* Ферментативная конверсия как способ получения биологически активных пептидов // Вестник МГТУ. – 2018. – Т. 21, № 3. – С. 412–417. – DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2018-21-3-412-419>.

23. *Калоев Б.С.* Научное обоснование и практическое использование молочнокислых препаратов в кормлении молодняка сельскохозяйственных животных и птицы: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Владикавказ, ГАУ. 2003. – 52 с.

24. *Искакова Е.Л., Танькова Н.Л., Асафов В.А.* Способы снижения содержания веществ антипитательной направленности в семенах сои // Актуальные вопросы молочной промышленности. Межотраслевые технологии и системы управления качеством. – М.: ВНИМИ, 2020. – Т. 1, № 1 (1). – С. 231–235.

25. *Ферментативная обработка как инструмент придания функциональных свойств белкам молочной сыворотки* / Е.Ю. Агаркова, А.Г. Кручинин, К.А. Рязанцева, Н.С. Пряничникова // Аграрно-пищевые технологии. – 2019. – № 4. – С. 84–88. – DOI: [10.31208/2618-7353-2019-8-81-88](https://doi.org/10.31208/2618-7353-2019-8-81-88).

26. *Пат. 2600006 С1 РФ, МПК A23L 11/30 Способ инактивации антипитательных веществ в бобах сои* / М.О. Байтаев, В.А. Анзоров, С.К. Гериханов, Т.Т. Тарчков; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чеченский государственный университет» (RU). – № 2015121457/13, заявл. 04.06.2015; опубл. 20.10.2016, бюл. № 29.

27. *Пат. 2004130815/13 РФ, МПК A23L 1/20. Способ обработки бобов сои* / А.А. Аветисян (RU), В.В. Васько (RU), В.А. Прохоров (RU); заявитель и патентообладатель «Белореченский комбикормовый завод» (RU); заявл. 2004130815/13; опубл. 21.10.2004.

28. *Золотарев Н.А., Федотова О.Б., Агаркова Е.Ю.* Гидролизаты творожной сыворотки для творожных эмульсионных продуктов // Молочная промышленность. – 2017. – № 8. – С. 36–38.

29. *Танькова Н.Л., Искакова Е.Л., Асафов В.А.* Гидролитическое регулирование высокомолекулярных фракций соевых семян в растворах различной ионной силой с целью получения концентрированных белково-жировых композиций // Инновации и продовольственная безопасность. – 2021. – № 4 (34). – С. 79–87.

REFERENCES

1. Gorkovenko L.G., Chikov A.E., Omel'chenko N.A., Pyshmanceva N.A., *Zootekhnika*, 2011, No. 3, pp. 13–14. (In Russ.)
2. Gruzdev K.I. *Interferony v veterinarii* (Interferons in veterinary medicine), Moscow, Agropromizdat, 1989, 45 p.
3. <http://evolution.powernet.ru/library/micro/01.html>
4. Davtyan D. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2005, No. 2, pp. 28–29. (In Russ.)
5. Glushanova N.A. *Byulleten' sibirskoj mediciny*, 2003, No. 4. (In Russ.)
6. Kvasnikov E.I., Nesterenko O.A. *Molochnokislye bakterii i puti ikh ispol'zovaniya* (Lactic acid bacteria and ways of their use), Moscow, Nauka, 1975, 384 p.
7. Glushanova N.A. *Laktobacilly v issledovanii i korrektsii rezidentnoj mikroflory cheloveka* (Lactobacilli in the study and correction of the resident human microflora), Extended abstract of candidate's thesis, Chelyabinsk, 1999, 29 p. (In Russ.)
8. Glushanova N.A., Blinov A.I., *Municipal'noe zdравоохранение в переходный период (проблемы, достижения, перспективы)* (Municipal healthcare in the transition period (problems, achievements, prospects)), Collection of Works, Novokuzneck, 2000, P. 150–151. (In Russ.)

9. Kovalenko N.K. *Biologiya molochnokislyh bakterij pishchevaritel'nogo trakta cheloveka i zhivotnyh* (Biology of lactic acid bacteria of the digestive tract of humans and animals), Extended abstract of Doctor's thesis, Kiev, 1991, 29 P. (In Russ.)
10. Kostyuk O.P., Chernyshova L.I., A.P. Voloha, *Pediatriya*, 1998 No. 1, pp. 71–76. (In Russ.)
11. Lencner A.A. *Teoreticheskie i prakticheskie problemy gnotobiologii*, Moscow, Agropromizdat, 1986, pp. 195–200. (In Russ.)
12. Lencner A.A., Lencner H.P., Mikel'saar M.E. [i dr.], *Antibiotiki i medicinskaya biotekhnologiya*, 1987, Vol. 32, No. 3, pp. 173–179. (In Russ.)
13. Lihacheva A.Yu. *Materialy VII s"ezda Vseros. obshchestva epidemiologov, mikrobiologov i parazitologov* (Materials of the VII Congress of Vseros. societies of epidemiologists, Microbiologists and parasitologists), Moscow, 1997, Vol. 2, pp. 355–356. (In Russ.)
14. <https://internet-law.ru/gosts/gost/60785/17>
15. Begunova A.V., Rozhkova I.V., Shirshova T.I., Krysanova Yu.I., *Molochnaya promyshlennost'*, 2020, No. 6, pp. 22–23, DOI: 10.31515/1019-8946-2020-06-22-23
16. Fedorova T.V., Vasina D.V., Begunova A.V., Rozhkova I.V., Raskoshnaya T.A., Gabrielyan N.I., *Prikladnaya biohimiya i mikrobiologiya*, 2018, Vol. 54, No. 3, pp. 1–13, DOI: 10.7868/S05551099180300
17. Begunova A.V., Semenihina V.F., Rozhkova I.V., Raskoshnaya T.A., *Molochnaya promyshlennost'*, 2017, No. 9, pp. 47–48. (In Russ.)
18. <https://docs.cntd.ru/document/1200124600>
19. 2018-01-01, <https://docs.cntd.ru/document/1200140736>
20. 2015-01-01, <https://docs.cntd.ru/document/1200106915>
21. Asafov V.A., Haritonov V.D., Tan'kova N.L., Iskakova E.L., *Aktual'nye voprosy molochnoj promyshlennosti. Mezhotraslevye tekhnologii i sistemy upravleniya kachestvom*, Moscow, VNIMI, 2020, Vol. 1, No. 1 (1), pp. 41–45. (In Russ.)
22. Agarkova E.Yu., Kruchinin A.G., *Vestnik MGTU*, 2018, Vol. 21, No. 3, pp. 412–417, DOI: <https://10.21443/1560-9278-2018-21-3-412-419>.
23. Kaloev B.S. *Nauchnoe obosnovanie i prakticheskoe ispol'zovanie molochnokislyh preparatov v kormlenii molodnyaka sel'skohozyaistvennyh zhivotnyh i pticy* (Scientific justification and practical use of lactic acid preparations in the feeding of young farm animals and poultry), Extended abstract of Doctor's thesis, Vladikavkaz, GAU, 2003, 52 p. (In Russ.)
24. Iskakova E.L., Tan'kova N.L., Asafov V.A., *Aktual'nye voprosy molochnoj promyshlennosti. Mezhotraslevye tekhnologii i sistemy upravleniya kachestvom*, Moscow, VNIMI, 2020, Vol. 1, No. 1 (1), pp. 231–235. (In Russ.)
25. Agarkova E.Yu., Kruchinin A.G., Ryazanceva K.A., Pryanichnikova N.S., *Agrarno-pishchevye tekhnologii*, 2019, No. 4, pp. 84–88, DOI: 10.31208/2618-7353-2019-8-81-88.
26. Pat. 2600006 S1 RF, MPK A23L 11/30, Sposob inaktivacii antipitatel'nyh veshchestv v bobah soi (Method of inactivation of anti-nutritional substances in soybeans), (In Russ.)
27. Patent 2004130815/13 RF, MPK A23L 1/20, Sposob obrabotki bobov soi (Method of processing soybeans), (In Russ.)
28. Zolotarev N.A., Fedotova O.B., Agarkova E.Yu., *Molochnaya promyshlennost'*, 2017, No. 8, pp. 36–38. (In Russ.)
29. Tan'kova N.L., Iskakova E.L., Asafov V.A., *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2021, No. 4 (34), pp. 79–87. (In Russ.)



**РАЦИОНАЛЬНОЕ
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**
**RATIONAL NATURE USE
AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**

УДК 635.36 : 633.11

DOI:10.31677/2311-0651-2022-35-1-33-40

**ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРИМЕНЕНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ ТОЧНОГО
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

М.А. Альберт, соискатель

Р.Р. Галеев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е.А. Ковалев, аспирант

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: rasnnev@mail.ru

Ключевые слова: яровая пшеница, яровой ячмень, овес, точное земледелие, удобрение, урожайность, качество.

Реферат. Представлены результаты исследований (2019–2021 гг.) по изучению применения на разных зерновых культурах геоинформационных технологий с использованием спутниковой навигации и дронов различной степени сложности, а также дифференцированного применения удобрений. Цель работы – разработка элементов точного земледелия при возделывании зерновых культур в лесостепи Западной Сибири. Исследования осуществляли в 2019–2021 гг. в почвенно-климатической зоне лесостепи на выщелоченном черноземе в ЗАО Племзавод «Ирмень» на сортах яровой мягкой пшеницы Новосибирская 31, Новосибирская 29, Омская 36; яровом ячмене сортов Биом и Маргret, яровом овсе сорта Ровесник. Показана эффективность применения элементов точного земледелия. Применение дифференцированного внесения удобрений обеспечивало повышение урожайности зерна яровой пшеницы на 22 %, ярового ячменя – на 35 и овса – на 20%. Уровень урожайности достиг 5,5 т/га. Использование ГИС-технологий с более высокими сбалансированными дозами удобрений NPK (до 200 кг/га) и жидких азотных удобрений (до 90 л/га КАС-3) способствовали получению высокого урожая яровой мягкой пшеницы – на уровне 5,5–5,8 т/га при хороших качественных показателях продукции.

INNOVATIVE APPROACHES TO THE APPLICATION OF PRECISION FARMING ELEMENTS IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

M.A. Albert, Co-applicant
R.R. Galeev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor
E.A. Kovalev, Postgraduate Student

Novosibirsk State Agrarian University

Key words: *spring wheat, spring barley, oats, precision farming, fertilizer, productivity, quality.*

Abstract. The results of studies (2019-2021) on the study of the use of geoinformation technologies on different crops using satellite navigation and drones of varying degrees of complexity and differentiated application of fertilizers are presented. The purpose of the work is to develop elements of precision farming in the cultivation of grain crops in the forest-steppe of Western Siberia. The studies were carried out in 2019-2021. in the soil-climatic zone of the forest-steppe on leached chernozem in CJSC breeding farm "Irmens" on varieties of spring soft wheat Novosibirskaya 31, Novosibirskaya 29, Omskaya 36; spring barley: varieties Biom and Margret, spring oats varieties Rovestnik. The effectiveness of the use of precision farming elements is shown. The use of differentiated fertilization provided an increase in the grain yield of spring wheat by 22%, spring barley - 35% and oats - 20%. The yield level reached 5.5 t/ha. The use of GIS-technologies with higher balanced doses of NPK fertilizers up to 200 kg/ha and liquid nitrogen fertilizers up to 90 l/ha KAS-32 contributed to obtaining a high yield of spring soft wheat at the level of 5.5-5.8 t/ha with good product quality indicators.

С целью подъема уровня производства зерновых культур необходимо повысить эффективность применения геоинформационных технологий в разных отраслях аграрного комплекса [1, 2]. Для этого следует совершенствовать звенья аграрного производства в аспекте повышения растениеводческого комплекса, внедрения современных геоинформационных технологий и управлеченческих производственных задач и их решений с использованием географических информационных систем [3–5]. Применение космических и геоинформационных технологий усиливает интенсивность управления системами АПК. Дальнейшее использование и внедрение ГИС-технологий в массовое производство разных сельскохозяйственных культур имеет глубокую перспективу [6–8]. Современная компьютеризация и внедрение цифровых технологий являются важным направлением развития агропромышленного комплекса [9, 10].

Показано, что современное растениеводство определяется погодными условиями в зависимости от зоны, технологического оснащения хозяйства и других особенностей на 34–56 %. Точное земледелие позволяет уменьшить зависимость производства от неблагоприятных условий внешней среды и способствует усилению роли производства в аспекте повышения продуктивности и качества сельскохозяйственных культур [11–13].

Наряду с этим особенно важно изыскание путей усиления взаимодействия технологических факторов с факторами внешней среды в аспекте повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур [14, 15]. Важным подходом к внедрению геоинформационных технологий является разработка комплексной энергоресурсосберегающей дифференцированной технологии, адаптированной к конкретным почвенно-климатическим условиям [16–18].

В этой связи целью наших исследований являлась разработка элементов точного земледелия при возделывании зерновых культур в лесостепи Западной Сибири.

Исследования проведены в 2019–2021 гг. в почвенно-климатической зоне дренированной лесостепи, относящейся к северной лесостепи предгорий. Основной фон пахотных угодий и почвенный покров опытных полей состоит из выщелоченного чернозема, где

слабовыщелоченные занимают наибольший удельный вес. Почва опытных участков имела содержание гумуса 5,96–6,85 % (среднегумусные черноземы), валового азота – 0,34–0,39, фосфора – 0,19–0,22 и калия 1,18–1,26 %. Содержание легкогидролизуемого азота было в пределах 8,19–12,82 мг/100 г почвы, подвижного фосфора – 18,2–23,8 мг/100 г и обменного калия – 15,4–18,9 мг/кг рН–6,79.

По метеорологическим условиям 2019 г. отличался повышенным увлажнением в июле–августе, дефицитом влаги в мае и начале июня; 2020 г. был на уровне среднемноголетних значений по теплу и влаге. В 2021 г. в мае и июне имели место недобор тепла и дефицит осадков; в июле и августе параметры были на уровне среднемноголетних значений.

В ЗАО Племзавод «Ирмень» в 2019–2021 гг. успешно внедрены элементы точного земледелия в процессе производства зерновых культур.

Особый интерес представляет устройство на основе электронной техники для измерения плотности почвы в разрезе разных глубин почвы. Данный фактор значительно влияет на урожайность многих сельскохозяйственных культур, в том числе и зерновых. Изучено в ходе экспериментов, что при плотности почвы ниже 1,07 г/см² на глубине 15 см имеет место смещивание верхнего и нижнего слоя почвы и ухудшается состояние почвы, уменьшается содержание органических веществ. Наряду с этим возрастает концентрация соли в почве ввиду смещивания слоев, повышают параметры жесткости и комковатости почвы. Во многом данным явлениям способствует нерациональное изменение сельскохозяйственной технологии.

С целью оптимизации рыхлости почвы и ее плотности следует минимизировать движение техники на сырьих участках полей, проводить работы по обработке почвы только при достижении физической спелости почвы. Обязательно проводить щелевание почвы, применять технологическую колею, а также соблюдать минимальный уровень давления в шинах. Важное значение имеют севообороты, в которых регулятором почвы могут быть сами растения, обязательные приемы чередования культур.

На полях ЗАО Племзавод «Ирмень» Ордынского района Новосибирской области организовано звено из шести комбайнов Class Tucano 450, оснащенных квантиметрами, позволяющими учитывать параметры влажности и урожайности зерна. В хозяйстве была решена тактическая задача составления карты урожайности зерновых культур для проверки правильности определения зон плодородия в пределах поля и для дальнейшей работы по актуализации точного земледелия. При достижении стадии готовности зерна для обмолота в фазах конца восковой и полной спелости уборка проводится под контролем ГИС-технологий вне зависимости от погодных условий.

По средним данным за 2019–2021 гг. урожайность зерновых культур на фоне применения технологии точного земледелия была значительно выше, чем при традиционной технологии.

Показатели урожайности зерновых культур в хозяйстве при использовании геоинформационных технологий приведены в табл. 1.

Показано, что на фоне дифференцированного внесения удобрений на основе геоинформационных спутниковых показаний плодородия почвы изучаемые сорта зерновых культур (яровая мягкая пшеница, яровой ячмень и овес) обеспечили значительную прибавку урожайности при хороших качественных показателях продукции. По яровой мягкой пшенице наибольшая прибавка урожая выявлена на фоне посева сорта Новосибирская 31 – 32 % при урожайности 5,22 т/га. Максимальная урожайность отмечена у сорта Омская 36 – 5,55 т/га. Яровой ячмень (сорта Биом и Маргret) также проявили отзывчивость на дифференцированное внесение удобрений: у сорта Маргret – 30, Биом – 35 % с урожайностью соответственно 5,74 и 5,63 т/га. При посеве овса сорта Ровесник дифференцированное внесение удобрений обеспечило 20 %-ю прибавку урожайности. Показано, что дифференцированное внесение удобрений повысило содержание клейковины у сортов яровой мягкой пшеницы Новосибирская 29 на

3,1 % и сорта Омская 36 на 2,4 %. Концентрация белка в зерне всех изученных зерновых культур было также выше с применением ГИС-технологий: у сортов яровой пшеницы – на 0,4, ячменя – на 0,2 и овса – на 0,9 %. Система дифференцированного внесения наглядно превосходит традиционную систему сплошного внесения удобрений как по урожайности, так и по качеству зерна.

Таблица 1

Урожайность зерновых культур в зависимости от применения точного земледелия (среднее за 2019–2021 гг.)

Вариант	Культура, сорт	Урожайность т/га		Содержание в зерне, %	
		т/га	прибавка к контролю	клейковины	белка
			т/га		
Контроль (традиционная технология)	Яровая мягкая пшеница	4,27	-	28,6	11,2
	Новосибирская 31				
	Новосибирская 29	4,48	-	29,3	11,4
	Омская 36	4,62	-	28,4	11,3
Дифференцированное внесение удобрений	Яровая мягкая пшеница	5,22	0,95	22	11,1
	Новосибирская 31				
	Новосибирская 29	5,39	0,91	32,4	11,5
	Омская 36	5,55	0,93	30,8	11,2
Контроль (традиционная технология)	Яровой ячмень	4,16	-	-	11,2
	Биом				
	Маргret	4,39	-	-	11,8
Дифференцированное внесение удобрений	Яровой ячмень	5,63	1,47	35	11,3
	Биом				
	Маргret	5,74	1,35	30	11,9
Контроль (традиционная технология)	Овес яровой Ровесник	3,59	-	-	12,9
Дифференцированное внесение удобрений	Овес яровой Ровесник	4,28	0,69	20	13,5
HCP ₀₅	-	0,21	-	0,19	0,2

В 2019–2021 гг. проводились исследования с одним из лучших сортов зарубежной селекции, сортом яровой мягкой пшеницы Ликамеро, обеспечивающей на полях ЗАО Племзавод «Ирмень» урожайность на уровне 7,5 т/га. В системе геоинформационных технологий изучалась эффективность применения жидкого азотного удобрения КАС-32.

В табл. 2 представлены результаты производственного опыта по комплексному применению удобрений, регуляторов роста и средств защиты растений в контроле с традиционной технологией и на опытных полях с использованием ГИС-технологий.

Таблица 2

Эффективность применения ГИС-технологий при возделывании яровой мягкой пшеницы сорта Ликамеро (среднее за 2019–2021 гг.)

Элемент технологии	Опытное поле	Контрольное поле
Боронование (закрытие влаги)	Джон-Дир-Борго	Джон-Дир-Борго
Срок посева	10–14.05	7–12.05
Протравливание семян	Виал Траст – 0,4 л/т Табу Нео – 0,6 л/т Гуминатрин – 2 л/т Новосил – 0,05 л/т	Виал Траст – 0,4 л/т Табу Нео – 0,6 л/т Гуминатрин – 2 л/т Новосил – 0,05 л/т
Посев	Джон Дир – ПКА 730 Норма высева – 3,3 ц/га КАС-32 – 141–190 л/га NPK – 198–210 кг/га	Джон Дир – ПКА 730 Норма высева – 3,3 ц/га КАС-32 – 150 л/га NPK – 150 кг/га
Опрыскиватель	Amazon	Amazon
Уход за посевами	Бомба – 18 г/га Балерина – 0,3 л/га Пума супер 100 – 0,6 л/га Регги – 1,32 л/га Гуминатрин – 2 л/га КАС-32 – 2 л/га Сульфат аммония – 1 кг/га	Бомба – 18 г/га Балерина – 0,3 л/га Пума супер 100 – 0,6 л/га Регги – 1,32 л/га Гуминатрин – 2 л/га КАС-32 – 2 л/га Сульфат аммония – 1 кг/га
Уборка урожая	Прямое комбайнирование Урожайность 5,68 т/га	Прямое комбайнирование Урожайность 4,77 т/га

Выявлено, что в условиях использования геоинформационных технологий на опытных полях при посеве использовано дифференцированное внесение минеральных удобрений и жидких азотных удобрений КАС-32 при более высоких сбалансированных дозах. Доза NPK в контроле составила 150 кг/га, а на опытных полях увеличена до 198–210 кг/га. В период ухода за посевами в контроле и на опытных полях дозы препаратов были одинаковыми. При учете урожая урожайность яровой мягкой пшеницы сорта Ликамеро была на опытных полях на 21 % выше контроля – без использования ГИС-технологий.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. На выщелоченном черноземе лесостепи Западной Сибири в условиях ЗАО Племзавод «Ирмень» в 2019–2021 гг. широко апробированы элементы точного земледелия с использованием спутниковой навигации, обеспечивающие повышение урожайности и качества зерна.
2. Применение дифференцированного внесения удобрения позволяет повысить урожайность сорта яровой мягкой пшеницы Новосибирская 31, Новосибирская 29 и Омская 36 на 20–22 % – до 5,55 т/га при 4,62 т/га в контроле; ярового ячменя сорта Маргret – на 39 %, т.е. до 5,74 т/га и овса сорта Ровесник – на 20 %, или до 4,28 т/га.
3. Использование сбалансированных более высоких доз минеральных удобрений и жидкого азотного удобрения КАС-32 – до 190 л/га при 150 л/га в контроле – обеспечило повышение урожайности яровой мягкой пшеницы на 21 %.
4. Внедрение элементов точного земледелия при возделывание зерновых культур повышает качество и технологические показатели зерна. У сортов яровой мягкой пшеницы достоверно повышается содержание клейковины – в среднем на 3 % при более высокой концентрации белка в продукции – на 0,4 %.
5. Необходимо применять в производстве шкалу перспективных, проблемных и промежуточных зон плодородия для каждого изучаемого поля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Костяков Н.М. ГИС-технологии на поля Нечерноземья. – Киров: Кн. изд-во, 2015. – 192 с.
2. Технологическая карта возделывания зерновых культур с применением точного земледелия. – М., 2019. – 39 с.
3. Саханов Н.М. Эффективное земледелие. – Тамбов: Кн. изд-во, 2009. – 157 с.
4. Никитин М.С., Локтев М.А., Галеев Р.Р. Производство зерновых культур по адаптивной технологии. – Новосибирск: Ритм, 2012. – 113 с.
5. Галеев Р.Р., Кириллов М.А. Интенсификация производства зерновых культур в Западной Сибири. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2014. – 106 с.
6. Особенности производства зерновых и технических культур в Западной Сибири / Разгоняев М.Н., Сидоров Н.С., Галеев Р.Р., Михайлов Н.С. – Томск, 2015. – 76 с.
7. Михайлов М.Т. На пути к точному земледелию. – Рязань: Кн. изд-во, 2009. – 79 с.
8. Галеев Р.Р. Программирование урожая сельскохозяйственных культур: метод. рекомендации. – Новосибирск, 2016. – 59 с.
9. Энергоресурсопотребление в растениеводстве Западной Сибири / Вышегуров С.Х., Галеев Р.Р. [и др.] – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2003. – 202 с.
10. Smedema L.K., Lambert K. Land Drainage: planning and design of agricultural drainage systems. – London: B T Batsford Ltd, 1988. – 376 p.
11. Nesterenko N., Pakhomova N., Richter K.K. St Petersburg University Journal of Economic Studies. – 2020. – Т. 36, N 2. – С. 217–242.
12. Cramer G.L., Clarence W.J. Agricultural economics and Agribusiness. – New York, Chichester, Brisbane: John Wiley & Sons, Inc., 1994. – 534 p.
13. The Bias against Agriculture: Trade and Macroeconomic Policies in Developing Countries / ed.: R. Bautista, A. Valdés; A Copublication of the International Center for Economic Growth and the International Food Policy Research Institute. – San Francisco (California): Press, 1993. – 339 p.
14. Evenson R.E. Research and Extension in Agricultural Development. – San Francisco: International Center for Economic Growth Publication, 1992. – 54 p.

15. Kallen S.A. The Farm. – Edina (Minnesota): ABDO & Daughters, 1997. – 24 p.
16. Альберт М.А., Галеев Р.Р., Руденко Е.В. Эффективность внедрения в производство систем точного земледелия // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. 6-й Всерос. науч. конф., 20.12.2021. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. – С 3–7.
17. Кирсенков С.С. Точное земледелие. – Саранск: Кн. изд-во, 2017. – 93 с.
18. Петров А.Ф, Митракова А.Г. Использование ГИС-технологий в агрономии. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос». – 76 с.

REFERENCES

1. Kostyakov N.M. *GIS-tehnologii na polya Nechernozem'ya* (GIS technologies for the fields of the Non-Black Earth Region), Kirov: Kn. izd-vo, 2015, 192 p.
2. *Tekhnologicheskaya karta vozdelyvaniya zernovyh kul'tur s primeneniem tochnogo zemledeliya* (Technological map of cultivation of grain crops with the use of precision agriculture), Moscow, 2019, 39 p.
3. Sakhanov N.M. *Effektivnoe zemledelie* (Efficient farming), Tambov: Kn. izd-vo, 2009, 157 p.
4. Nikitin M.S., Loktev M.A., Galeev R.R., *Proizvodstvo zernovyh kul'tur po adaptivnoi tekhnologii* (Production of grain crops using adaptive technology), Novosibirsk: Rhythm, 2012, 113p.
5. Galeev R.R., Kirillov M.A., *Intensifikaciya proizvodstva zernovyh kul'tur v Zapadnoj Sibiri*, (Intensification of grain production in Western Siberia), Novosibirsk: Agro-Siberia, 2014, 106 p.
6. Razgonyaev M.N., Sidorov N.S., Galeev R.R., Mikhailo N.S., *Osobennosti proizvodstva zernovyh i tekhnicheskikh kul'tur v Zapadnoj Sibiri* (Features of the production of hardwood and industrial crops in Western Siberia), Tomsk, 2015, 76 p.
7. Mikhailov M.T. *Na puti k tochnomu zemledeliyu* (On the way to precision farming), Ryazan: Kn. izd-vo, 2009, 79 p.
8. Galeev R.R. *Programmirovaniye urozhaya sel'skohozyajstvennyh kul'tur* (Programming the harvest of agricultural crops), Novosibirsk, 2016, 59 p.
9. Vyshegurov S.Kh., Galeev R.R. and others, *Energoresursopotreblenie v rastenievodstve Zapadnoj Sibiri* (Energy resource consumption in crop production in Western Siberia), Novosibirsk: Izd-vo NGAU, 2003, 202 p.
10. Smedema L.K., Lambert K. Land Drainage: planning and design of agricultural drainage systems, London: B T Batsford Ltd, 1988, 376 p.
11. Nesterenko N., Pakhomova N., Richter K.K. Specificity potato program in agricultural investigation, St. Petersburg University Journal of Economic Studies, 2020, V. 36, No. 2, P. 217–242.
12. Cramer G.L., Clarence W.J., Agricultural economics and Agribusiness, New York, Chichester, Brisbane: John Wiley & Sons, Inc., 1994, 534 p.
13. The Bias against Agriculture: Trade and Macroeconomic Policies in Developing Countries, ed.: R. Bautista, A. Valdés, A Copublication of the International Center for Economic Growth and the International Food Policy Research Institute, San Francisco (California): Press, 1993, 339 p.
14. Evenson R.E. Research and Extension in Agricultural Development, San Francisco: International Center for Economic Growth Publication, 1992, 54 p.
15. Kallen S.A. The Farm, Edina (Minnesota): ABDO & Daughters, 1997, 24 p.
16. Albert M.A., Galeev R.R., Rudenko E.V., *Rol' agrarnoj nauki v ustojchivom razvitiu sel'skikh territorii* (The role of agricultural science in the sustainable development of rural areas), Proceedings

of the 6th All-Russian Scientific Conference, December's 20, 2021, Novosibirsk: IC NGAU Zolotoj kolos, 2021, pp 3-7. (In Russ.)

17. Kirsenkov S.S. *Tochnoe zemledelie* (Precision farming), Saransk: Kn. izd-vo, 2017, 93 p.
18. Petrov A.F., Mitrikova A.G. *Ispol'zovanie GIS-tehnologij v agronomii* (The use of GIS technologies in agronomy), Novosibirsk: IC NGAU Zolotoj kolos, 76 p.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДОВ МОСКВЫ, ЯЛТЫ И НОВОСИБИРСКА ПО БИОЭЛЕМЕНТНОМУ СОСТАВУ ШЕРСТИ СОБАК

Н.В. Ефанова, кандидат биологических наук, доцент

С.В. Баталова, кандидат биологических наук, доцент

Л.М. Осина, кандидат биологических наук, доцент

В.В. Виноградова, студент

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: ngaufiziologi@mail.ru

Ключевые слова: биоэлементы, собаки, экология, микроэлементы, макроэлементы, шерсть, гипоэлементозы, гиперэлементозы.

Реферат. Проведено изучение экологической обстановки г. Москвы, Ялты и Новосибирска по элементному составу шерсти собак. Собаки содержались в условиях квартир, но получали ежедневный утренний и вечерний мицелон по 30-60 мин. Шерсть данного вида животных, на наш взгляд, является хорошим биоиндикатором для оценки экологической ситуации разных территорий земного шара, так как собаки тесно контактируют с почвами, дождевыми водами, пылью. Кроме того, во время прогулок животные поедают траву. Результаты исследований показали, что в шерсти собак г. Москвы и Ялты содержание йода превышает показатель референсного значения. У собак г. Ялты снижены показатели кобальта, марганца и кремния. В шерсти собак г. Москвы понижен уровень кремния, а у животных г. Новосибирска – уровень хрома. Низкие значения свинца, мышьяка, кадмия и лития зарегистрированы у собак из г. Ялты. Однако содержание ртути и бора в шерсти собак из г. Ялты выше, чем у собак из г. Москвы и г. Новосибирска. Собаки г. Москвы отличаются от животных г. Ялты и г. Новосибирска более высоким содержанием в шерсти калия и сравнительно низкими показателями ртути, бора и натрия, а собаки г. Новосибирска – более высоким содержанием в шерсти магния, кремния и стронция.

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE CITIES OF MOSCOW, YALTA AND NOVOSIBIRSK BY THE BIOELEMENT COMPOSITION OF WOOL DOGS

N.V. Efanova, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor

S.V. Batalova, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor

L.M. Osina, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor

V.V. Vinogradova, Student

Novosibirsk State Agrarian University

Key words: *bioelements, dogs, ecology, microelements, macronutrients, wool, hypoelementosis, hyper-elementosis.*

Abstract. The study of the ecological situation in the cities of Moscow, Yalta and Novosibirsk by the elemental composition of dog hair has been carried out. The dogs were kept in apartments, but received daily morning and evening exercise for 30-60 minutes. The wool of this animal species, in our opinion, is a good bioindicator for assessing the ecological situation in different territories of the globe, since dogs are in close contact with soils, rainwater, and dust. In addition, during walks, animals eat grass. The research results showed that the iodine content in the wool of dogs in Moscow and Yalta exceeds the reference value. In the

dogs of Yalta, the indices of cobalt, manganese and silicon are reduced. The level of silicon is lowered in the fur of dogs in Moscow, and the level of chromium in animals of Novosibirsk. Low values of lead, arsenic, cadmium and lithium were registered in dogs from Yalta. However, the content of mercury and boron in the wool of dogs from Yalta is higher than that of dogs from Moscow and Novosibirsk. Dogs in Moscow differ from animals in Yalta and Novosibirsk by a higher content of potassium in wool and relatively low levels of mercury, boron and sodium, and dogs from Novosibirsk - by a higher content of magnesium, silicon and strontium in wool.

Высокая интенсивность технического прогресса ведет к неизбежной деградации атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы. В биохимические процессы макро- и микроорганизмов внедряется огромное количество токсичных элементов, нехарактерных для среды обитания живых организмов [1–6]. Об этом свидетельствуют накопления токсикантов в продуктах питания. Из года в год загрязнение почв, воздуха и подземных вод возрастает [2, 7–11].

Техногенной интоксикации наиболее подвержены жители крупных городов. В связи с техногенными загрязнениями окружающей среды среди людей, животных, в том числе и собак, наблюдается рост числа пациентов с микроэлементозами, приводящими к различным патологиям: мочекаменной болезни, онкологическим, сердечно-сосудистым заболеваниям, заболеваниям кожи, опорно-двигательного аппарата, желудочно-кишечного тракта, проявлениям аллергии и т.д. [12–16].

В развитии у человека и животных микроэлементозов большая роль отводится экологической среде как фактору, оказывающему одно из ведущих влияний на элементный состав организма. Экологическое окружение человека и животных в разных точках земного шара определяет специфику элементного состава живых организмов, характер микроэлементозов и зависит от особенностей геохимической структуры почв, воды, техногенных и антропогенных воздействий [6, 11, 15, 17]. Поэтому определение элементного состава в биосубстратах человека и животных, населяющих разные территории Земли, актуально.

Цель работы – провести оценку экологической ситуации г. Москвы, Ялты и Новосибирска посредством элементного анализа шерсти собак.

Для проведения исследований были созданы три группы собак. Животные 1-й группы находились в условиях г. Москвы ($n = 24$), собаки 2-й группы – г. Ялты ($n = 11$), 3-й группы – г. Новосибирска ($n = 25$). В исследованиях участвовали шпицы, пудели, йоркширские терьеры. Возраст животных находился в пределах 2 – 7 лет.

Собаки содержались в условиях квартир и получали ежедневный утренний и вечерний монион. Рацион животных состоял из сухих и влажных кормов, сбалансированных по основным питательным веществам.

Шерсть для изучения макро- и микроэлементного состава выстригали с холки. Исследования проводили с помощью квадропульного масс-спектрометра Elan 9000 (Perkin Elmer, США) и атомно-эмиссионного спектрометра Optima 2000 DV (Perkin Elmer, США) методами масс-спектрометрии с индуктивно связанный плазмой (МС-ИСП) и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанный плазмой (АЭС-ИСП) [15, 18]. Полученные результаты статистически обработаны на ПК с помощью программы Microsoft Excel.

Изменения макро- и микроэлементного состава шерсти зарегистрированы у собак всех трёх групп. Так, содержание йода в шерсти собак г. Москвы и Ялты превышало показатель верхней границы нормы соответственно на 43 и 47 % (табл. 1, 2).

Кроме того, у собак г. Ялты было зарегистрировано снижение уровня кобальта на 20 %, марганца – на 23,4, кремния – на 2 %. У собак, находящихся в экологическом окружении г.

Москвы, зафиксировано снижение уровня кремния на 7,8 %, а у животных г. Новосибирска – уровня хрома на 21,7 %.

У собак 2-й группы содержание мышьяка, кадмия, лития и свинца было ниже, чем у собак 1-й группы, соответственно на 70 % ($P<0,001$), 46,2 ($P<0,005$), 49 ($P<0,005$), 56 % ($P<0,001$) и ниже, чем у собак г. Новосибирска, соответственно на 79 % ($P<0,001$), 71 ($P<0,001$), 54,3 ($P<0,001$) и 54 % ($P<0,001$).

Таблица 1
Элементный состав шерсти собак, мкг/г

Показатель	Группа			Уровень достоверности
	1-я, Москва (n = 24)	2-я, Ялта (n = 11)	3-я, Новосибирск (n = 25)	
1	2	3	4	5
Al	25,480±9,020	18,160±0,730	27,266±11,800	–
As	0,050±0,008	0,015±0,005	0,073±0,012	2-я – 3-я= $P<0,001$ 1-я – 2-я= $P<0,001$
B	1,060±0,060	4,500±0,036	2,620±0,840	1-я – 2-я= $P<0,001$ 2-я – 3-я= $P<0,05$
Ca	1045,000±296,500	1074,000±92,110	1532,800±322,170	–
Cd	0,013±0,003	0,007±0,001	0,024±0,003	1-я – 2-я= $P<0,05$ 1-я – 3-я= $P<0,01$ 2-я – 3-я= $P<0,001$
Co	0,039±0,010	0,016±0,004	0,033±0,010	1-я – 2-я= $P<0,05$
Cr	0,855±0,009	0,744±0,007	0,470±0,110	1-я – 2-я= $P<0,001$ 1-я – 3-я= $P<0,001$ 2-я – 3-я= $P<0,05$
Cu	16,036±4,920	16,700±2,320	13,000±0,890	–
Fe	123,630±66,360	36,530±6,220	76,660±35,240	–
P	343,000±70,000	234,000±19,600	298,800±43,970	–
I	2,860±1,580	2,950±0,330	1,460±0,270	2-я – 3-я= $P<0,01$ 1-я – 3-я= $P<0,05$
K	638,500±8,500	390,000±2,670	418,500±85,720	1-я – 2-я= $P<0,001$ 1-я – 3-я= $P<0,05$
Li	0,063±0,010	0,032±0,004	0,070±0,012	1-я – 2-я= $P<0,05$ 2-я – 3-я= $P<0,01$
Mg	143,020±16,100	172,010±5,300	339,000±53,460	1-я – 3-я= $P<0,001$ 2-я – 3-я= $P<0,01$
Mn	2,640±0,860	0,766±0,060	2,970±0,920	1-я – 2-я= $P<0,05$ 2-я – 3-я= $P<0,05$
Na	1392,500±99,500	1832,000±20,400	2040,800±501,700	1-я – 2-я= $P<0,001$

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Ni	0,760±0,100	0,651±0,070	1,060±0,560	–
Hg	0,070±0,010	0,172±0,008	0,110±0,012	1-я – 2-я=P<0,001 1-я – 3-я=P<0,05 2-я – 3-я=P<0,001
P	343,000±70,000	234,000±19,600	298,800±43,970	–
Pb	0,550±0,050	0,242±0,014	0,520±0,090	1-я – 2-я=P<0,001 2-я – 3-я=P<0,01
Se	0,960±0,530	0,747±0,240	0,960±0,071	–
Si	18,550±1,780	19,600±0,750	38,760±4,250	1-я – 3-я=P<0,001 2-я – 3-я=P<0,001
Sn	0,130±0,070	0,204±0,080	0,167±0,064	–
Sr	1,960±0,410	2,200±0,190	3,820±0,470	1-я – 3-я=P<0,01 2-я – 3-я=P<0,01
V	0,112±0,033	0,053±0,007	0,102±0,027	–
Zn	248,500±31,50	261,000±13,260	203,000±22,150	–

Таблица 2

Референсные значения макро- и микроэлементов в шерсти собак, мкг/г (данные лаборатории ООО «Микронутриенты» г. Москва)

Элемент	Нормальный диапазон		Метод исследования
	1	2	
Al	0 - 250		АЭС – ИСП
As	0 - 1		МС – ИСП
B	0 - 5		МС – ИСП
Ca	700 – 3000		АЭС – ИСП
Cd	0 – 0,7		МС – ИСП
Co	0,02 – 0,5		МС – ИСП
Cr	0,6 – 5		МС – ИСП
Cu	8 - 25		МС – ИСП
Fe	25 – 400		АЭС – ИСП
Hg	0 – 0,2		МС – ИСП
I	1 – 2		МС – ИСП
K	200 – 1400		АЭС – ИСП
Li	0 – 0,5		МС – ИСП
Mg	100 – 450		АЭС – ИСП
Mn	1 – 10		МС – ИСП
Na	700 – 10000		АЭС – ИСП
Ni	0 – 10		МС – ИСП

Окончание табл. 2

1	2	3
P	220 – 500	АЭС – ИСП
Pb	0 – 10	МС – ИСП
Se	0,4 – 2,5	МС - ИСП
Si	20 - 600	АЭС – ИСП
Sn	0 – 5	МС – ИСП
Sr	0 – 4,5	МС – ИСП
V	0 – 1,2	МС – ИСП
Zn	150 - 300	АЭС - ИСП

Показатели бора и ртути во 2-й группе превышали аналогичные значения 1-й группы соответственно на 324,5 ($P<0,001$) и 145 % ($P<0,001$), а показатели 3-й группы соответственно на 72 ($P<0,001$) и 56,4 % ($P<0,001$). Концентрация йода во 2-й группе была выше аналогичного показателя 3-й группы на 102 % ($P<0,01$).

Однако по концентрации в шерсти кобальта и марганца животные 2-й группы отставали от 1-й соответственно на 59 ($P<0,05$) и 71 % ($P <0,05$) и уступали 3-й группе по содержанию кремния на 49 % ($P <0,001$), марганца - на 74 % ($P <0,05$).

Собаки, содержащиеся в условиях г. Москвы, отличались от 2-й и 3-й групп статистически достоверно более высоким уровнем в шерсти калия и сравнительно низкой концентрацией ртути. В результате 1-я группа животных превосходила 2-ю по уровню в шерсти калия на 63,7 % ($P<0,001$) и 3-ю – на 53% ($P<0,05$). Концентрация ртути в шерсти собак 1-й группы была ниже, чем во 2-й, на 59,3 % ($P<0,001$) и ниже, чем в 3-й, на 36 % ($P<0,05$). По уровню кремния 1-я группа отставала от 3-й на 52 % ($P<0,001$) и уступала 2-й по количеству в шерсти натрия на 24 % ($P<0,001$). Показатель йода в 1-й группе собак превышал аналогичное значение 3-й группы на 96 % ($P<0,001$).

Собаки, выращенные в условиях г. Новосибирска, имели преимущество над 1-й и 2-й группами по уровню магния соответственно на 13,7 ($P <0,001$) и 98 % ($P <0,01$), кремния – на 10,9 ($P <0,001$) и 98 ($P<0,001$), стронция – на 94,8 ($P <0,01$) и 73,6 % ($P <0,01$). По уровню хрома 3-я группа уступала 1-й на 45 % ($P<0,001$), а 2-й – на 36,8 % ($P<0,05$). Концентрация йода в шерсти собак 3-й группы находилась в пределах оптимальных значений, но была ниже, чем в 1-й ($P<0,05$) и во 2-й группах ($P<0,001$).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мазуров Б.Т., Николаева О.Н., Ромашова Л.А. Интегральные экологические карты как инструмент исследования динамики экологической обстановки промышленного центра // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2–1. – С. 88–91.
2. Атмосферный воздух: Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2019 году / Министерство природных ресурсов и экологии Новосибирской области. – 2019. – С. 10–17.
3. Мирошников С.В. Адаптационные изменения элементного статуса и функциональное состояние организма при воздействии эколого-физиологических факторов: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2014. – 39 с.

4. *Оценка гидрохимического режима прибрежных вод Ялтинского залива / Е.Е. Совга. [и др.] // Морской гидрофизический журнал. – 2014. – № 3. – С. 48–59.*
5. *Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников: доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2019 году / Совет министров Республики Крым; Министерство экологии и природных ресурсов. – Симферополь, 2019. – С. 28–31.*
6. *Загрязнение поверхностных водных объектов в результате трансграничного переноса химических веществ / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды // Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации. – 2019. – С. 159–163.*
7. *Долматова Л.А., Котовицков А.В. Оценка экологического состояния озер Новосибирской области по химическому составу воды и пигментным характеристикам фитопланктона // Вода: химия и экология. – 2013. – № 7. – С. 28–34.*
8. *Влияние экологического окружения на элементный статус собак / Н.В. Ефанова, С.В. Баталова, Л.М. Осина, А.А. Туркова // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов, посвящ. 80-летию Новосибирского ГАУ. – Новосибирск, 2016. – С. 148–151.*
9. *Ведущие антропогенные факторы, нарушающие стабильность экосистем Ялтинского горно-лесного природного заповедника / В.Г. Кобечинская [и др.] // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2010. – № 2 (21). – С. 58–74.*
10. *Медико-экологическая оценка риска гипермикроэлементов у населения мегаполиса / А.В. Скальный, А.Т. Быков, Е.П. Серебрянский, М.Г. Скальная. – Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2003. – 134 с.*
11. *Хондachenko D.D., Ефанова Н.В. Мониторинг экологической обстановки города Новосибирска и посёлка Колывань по элементному, гематологическому и биохимическому статусам собак // Труды научного общества студентов и аспирантов биолого-технологического факультета Новосибирского государственного аграрного университета. – Новосибирск: НЦ НГАУ «Золотой колос», 2016. – С. 179–183.*
12. *Дубовой Р.М. Элементный статус при действии неблагоприятных факторов производственной деятельности и его алиментарная восстановительная коррекция: дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2009. – 370 с.*
13. *Особенности функциональной активности щитовидной железы, гематологического и биохимического статуса собак с разным «элементным портретом» / Н.В. Ефанова, С.В. Баталова, Л.М Осина, Д.Д. Хондachenko // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов, посвящ. 80-летию Новосибирского ГАУ. – Новосибирск, 2016. С. – 144–147.*
14. *Кушева А.А. Недостаток минеральных веществ в организме собаки // Результаты современных научных исследований: материалы междунар. конф. – Нур-Султан, 2019. – С. 39–43.*
15. *Оберлис Д. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных / Д. Оберлис, Б. Харланд, А. Скальный. – СПб.: Наука, 2008. – 544 с.*
16. *Татарникова Н.А., Чегодаева М.Г. Влияние канцерогенных факторов окружающей среды на развитие онкологических заболеваний у животных // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 5 (43). – С. 92–94.*
17. *Региональные особенности элементного гомеостаза как показатель эколого-физиологической адаптации / А.В. Скальный, С.А. Мирошников, С.В. Нотова [и др.] // Экология человека. – 2014. – № 9, т. 21. – С. 14–17.*
18. *Информативность биосубстратов при оценке элементного статуса сельскохозяйственных животных (обзор) / А.В. Харламов, А.Н. Фролов, О.А. Завьялов, А.М. Мирошников // Вестник мясного скотоводства. – 2014. – № 4 (87). – С. 53–58.*

REFERENCES

1. Mazurov B.T., Nikolaeva O.N., Romashova L.A., *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Geodeziya i aerofotos* "emka", 2012, No. 2, 1, pp. 88–91. (In Russ.)
2. *Atmosfernyj vozduh: Gosudarstvennyj doklad o sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Novosibirskoj oblasti v 2019 godu* (Atmospheric air: State Report on the state and environmental protection of the Novosibirsk Region in 2019), 2019, pp. 10–17.
3. Miroshnikov S.V., *Adaptacionnye izmeneniya elementnogo statusa i funkcional'noe sostoyanie organizma pri vozdejstvii ekologo-fiziologicheskikh faktorov* (Adaptive changes in the elemental status and functional state of the organism under the influence of ecological and physiological factors), Moscow, 2014, 39 p. (In Russ.)
4. Sovga E.E., Godin E.A., Plastun T.V., Mezenceva I.V., *Morskoy gidrofizicheskij zhurnal*, 2014, No. 3, pp. 48–59. (In Russ.)
5. *Vybrosy zagryaznyayushchih veshchestv v atmosfernyj vozduh ot stacionarnyh istochnikov: doklad o sostoyanii i ohrane okruzhayushchej sredy na territorii Respubliki Krym v 2019 godu* (Emissions of pollutants into the atmospheric air from stationary sources: report on the state and protection of the environment in the territory of the Republic of Crimea in 2019), Simferopol', 2019, pp. 28–31.
6. *Obzor sostoyaniya i zagryazneniya okruzhayushchej sredy v Rossijskoj Federacii* (Overview of the state and pollution of the environment in the Russian Federation), 2019, pp. 159–163.
7. Dolmatova L.A., Kotovshchikov A.V., *Voda: himiya i ekologiya*, 2013, No. 7, pp. 28–34. (In Russ.)
8. Efanova N.V., Batalova S.V., Osina L.M., Turkova A.A., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, 2016, pp. 148–151. (In Russ.)
9. Kobechinskaya V.G., Svolynskij A.D., Svolynskij M.D., Kapitonov V.V., *Ekosistemy, ik optimizaciya i ohrana*, 2010, No. 2 (21), pp. 58–74. (In Russ.)
10. Skal'nyj A.V., Bykov A.T., Serebryanskij E.P., Skal'naya M.G., *Mediko-ekologicheskaya ocenka riska gipermikroelementozov u naseleniya megapolisa* (Medical and environmental assessment of the risk of hypermicroelementosis in the population of a megalopolis), Orenburg: RIK GOU OGU, 2003, 134 p.
11. Hondachenko D.D., Efanova N.V. *Monitoring ekologicheskoy obstanovki goroda Novosibirska i posyolka Kolyvan' po elementnomu, gematologicheskому i biohimicheskому statusam sobak* (Monitoring of the ecological situation of the city of Novosibirsk and the village of Kolyvan by the elemental, hematological and biochemical status of dogs), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, Zolotoj kolos, 2016, pp. 179–183. (In Russ.)
12. Dubovoj R.M. *Elementnyj status pri dejstvii neblagopriyatnyh faktorov proizvodstvennoj deyatel'nosti i ego alimentarnaya vosstanovitel'naya korrekcija* (Elemental status under the influence of unfavorable factors of production activity and its alimentary restorative correction), Doctor's thesis, Moscow, 2009, 370 p. (In Russ.)
13. Efanova N.V., Batalova S.V., Osina L.M., Hondachenko D.D., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), Proceedings of the Conference Title, Novosibirsk, 2016, pp. 144–147. (In Russ.)
14. Kusheva A.A. *Rezul'taty sovremennoy nauchnyh issledovanij* (Results of modern scientific research), Proceedings of the International Conference, Nur-Sultan, 2019, pp. 39–43.

15. Oberlis D., Harland B., Skalny A., *Biologicheskaya rol' makro- i mikroelementov u cheloveka i zhivotnyh* (The biological role of macro- and microelements in humans and animals), St. Petersburg: Nauka, 2008, 544 p.
16. Tatarnikova N.A., Chegodaeva M.G., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, No. 5 (43), pp. 92–94. (In Russ.)
17. Skal'nyj A.V., Miroshnikov S.A., Notova S.V. [i dr.], *Ekologiya cheloveka*, 2014, No. 9, Vol. 21, pp. 14–17. (In Russ.)
18. Harlamov A.V., Frolov A.N., Zav'yalov O.A., Miroshnikov A.M., *Vestnik myasnogo skotovodstva*, 2014, No. 4 (87), pp. 53–58. (In Russ.)

ЧАСТОТА ИНДИКАЦИИ И АНТИБИОТИКОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ИЗОЛЯТОВ *E. COLI O157:H7*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ СРЕДЫ

¹**О.Н. Ларина**, аспирант

²**И.С. Онищенко**, кандидат ветеринарных наук

¹**М.А. Тимофеева**, аспирант

²**Н.А. Шкиль**, доктор ветеринарных наук, профессор

¹Новосибирский государственный аграрный университет

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН

E-mail: o.larina72@mail.ru

Ключевые слова: *Escherichia coli* O157:H7, энтерогеморрагическая кишечная палочка, антибиотикочувствительность, антибиотикорезистентность, антибактериальные препараты, антибиотики, зона задержки роста.

Реферат. Изучалась индикация и антибиотикочувствительность изолятов *E. coli* O157:H7, выделенных из образцов почвы, мяса и объектов, подлежащих ветеринарному надзору. В исследовании по выделению энтерогеморрагической кишечной палочки из различных объектов внешней среды было исследовано 6602 образца. Наибольшее количество *E. coli* O157:H7 выделяли из почвы – 10 % и мяса – 8,7 % случаев. Со смывов объектов, подлежащих ветеринарному надзору, *E. coli* O157:H7 выделяли в 2,6 % случаев. В кормах растительного происхождения данный микроорганизм не обнаружили. При исследовании антибактериальной чувствительности выделенных изолятов *E. coli* O157:H7 выявили 100 %-ю чувствительность к цефотаксиму, цефепиму, имипенему, ципрофлоксацину, цефтриаксону. К норфлоксацину, цефокситину, гентамицину, цефтазидиму были чувствительны 80–90 % выделенных штаммов. Исследования показали также полную устойчивость изолятов *E. coli* O157:H7 к тетрациклину у 80 % микроорганизмов. Из них 2 культуры были выделены из почвы и 6 культур из мяса вынужденного убоя.

THE FREQUENCY OF INDICATION AND ANTIBIOTIC SUSCEPTIBILITY OF *E. COLI* ISOLATES. *COLI O157:H7* ISOLATED FROM VARIOUS SUBSTANCE

¹**O.N. Larina**, Postgraduate Student

²**I.S. Onishchenko**, Ph.D. in Veterinary Sciences

¹**M.A. Timofeeva**, Postgraduate Student

²**N.A. Shkil**, Doctor of Veterinary Sciences, Professor

¹Novosibirsk State Agrarian University

²Siberian Federal Scientific Centre for Agrobiotechnologies

of the Russian Academy of Sciences

Key words: *Escherichia coli* O157:H7, enterohemorrhagic *Escherichia coli*, antibiotic susceptibility, antibiotic resistance, antimicrobial drugs, antibiotics, growth inhibition zone.

Abstract. The authors studied the indication and antibiotic sensitivity of *E. coli* O157:H7 isolates isolated from soil, meat samples and objects subjected to veterinary surveillance. In a study on isolation of Enterohaemorrhagic *E. coli* from various environmental media 6602 samples were examined. The highest

number of *E. coli* O157:H7 was isolated from soil in 10 % and meat in 8.7 % of cases. *E. coli* O157:H7 was isolated in 2.6% of cases from wipes of objects subjected to veterinary surveillance. This microorganism was not detected in feed of plant origin. Antibacterial sensitivity studies of isolated *E. coli* O157:H7 isolates revealed 100% sensitivity to cefotaxime, cefepime, imipenem, ciprofloxacin, ceftriaxone. The authors observed an 80-90% sensitivity of isolated strains to norfloxacin, cefoxitin, gentamicin and ceftazidime. Studies also showed complete resistance of *E. coli* O157:H7 isolates to tetracycline in 80% of microorganisms. Of these, 2 cultures were isolated from soil and 6 cultures from meat from forced slaughter.

Инфекционные гастроэнтероколиты, вызываемые токсинами эшерихий, распространены повсеместно и поражают сельскохозяйственных животных различных видов. Колибактериоз животных и человека находится под пристальным вниманием ветеринарных и медицинских специалистов, а также Всемирной организации здравоохранения, так как важную роль в инфекционной патологии человека стали играть *E. coli* O157:H7, вырабатывающие шигаподобный токсин, или веротоксин (VTEC) [1–3].

Основным отличием серотипа *E. coli* O157:H7 от других патогенных штаммов *E. coli* является его способность вырабатывать шигаподобные токсины (Stx-токсины) и вызывать геморрагический колит, гемолитико-уреический синдром и тромботическую тромбоцитопеническую пурпур, а также его неспособность ферментировать сорбитол [4–6].

Считается, что главным источником патогенной *E. coli* O157:H7 являются животные, в частном случае крупный рогатый скот, свиньи, птицы. В процессе убоя при несоблюдении санитарных правил мясо может быть контаминировано *E. coli* O157:H7. Источником кишечной палочки может стать также молоко от клинически здоровых коров. Почвы, объекты окружающей среды, загрязненные продуктами жизнедеятельности животных, могут представлять потенциальную опасность для здоровья людей [7–10].

Основным фактором передачи *E. coli* O157:H7 для людей является сырье животного и растительного происхождения, в частности, недостаточно термически обработанное мясо и мясные продукты (котлеты, сосиски, гамбургеры), молоко от клинически здоровых коров, картофель, ростки салата, салами, йогурт. Возбудитель легко передается контактным путем от человека к человеку [11, 12].

E. coli часто используют для мониторинга антибиотикорезистентности по причине широкой распространенности этих бактерий у различных хозяев, а также тем, что они легко приобретают резистентные свойства и обмениваются ими с другими бактериями [7, 8].

Назначение антибактериальной терапии без определения чувствительности к антибиотикам, несоблюдение режима лечения, сокращение курсов приема лекарственных препаратов с необоснованной их комбинацией может привести к появлению антибиотикорезистентных штаммов *E. coli* O157:H7 [13–15].

Исходя из этого, проблема антибиотикорезистентности штаммов *E. coli* O157:H7, выделяемых в окружающую среду животными, весьма актуальна, и диктует поиски решения в выборе антибактериальной терапии заболевших животных и людей.

Цель настоящей работы – изучение антибиотикочувствительности выделенных культур *E. coli* O157:H7 из образцов почвы и объектов, подлежащих ветеринарному надзору.

Материалом для исследования служили образцы почвы, смывы с объектов, подлежащих ветеринарному надзору, мясо от вынужденно убитых животных и корма растительного

происхождения. Подготовку и бактериологическое исследование проб проводили в соответствии с ГОСТ 21237-75 Мясо. Методы бактериологического анализа; методическими рекомендациями «Методы микробиологического контроля почвы» (№ ФЦ/4022, дата введения 24.12.2004); Инструкцией по порядку и периодичности контроля за содержанием микробиологических и химических загрязнителей в мясе, птице, яйцах и продуктах их переработки (№ 1400/1751 от 27.06.2000).

Идентификацию *E. coli* O157:H7 проводили в соответствии с МУК 4.2.992-00 «Методы выделения и идентификации энтерогеморрагической кишечной палочки *E. coli* O157:H7 методом посева на питательную среду Сорбитол *E. coli* O157:H7» (дата введения 04.02.2001). К бактериям *E. coli* O157:H7 относили культуры со следующими признаками: грамотрицательные мелкие полиморфные палочки, дающие типичный рост на плотных питательных средах (мясо-пептонном агаре, агаре Эндо, среде Сорбитол *E. coli* O157:H7).

Для изучения биохимических свойств выделенных штаммов *E. coli* O157:H7 применяли набор для биохимической идентификации энтеробактерий Энтеротест-16.

Антибиотикочувствительность выделенных изолятов определяли диско-диффузионным методом (МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам (АБП)» от 04.03.2004). Диски с антибиотиками накладывали на поверхность плотной питательной среды, засеянной суспензией клеток исследуемых микроорганизмов. Антибиотикограмму составляли по диаметру зоны задержки роста микроорганизмов. С помощью линейки измеряли диаметр зон задержки роста вокруг дисков со стороны микробного газона, включая диаметр самих дисков, с точностью до 1 мм. Зону задержки до 15 мм определяли как слабую антибиотикочувствительность, до 20 – как среднюю, более 20 мм – как высокую степень чувствительности.

Выбор спектра антибактериальных препаратов осуществлялся в соответствии с рекомендациями МУК 4.2.1890-04 от 04.03.2004.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с применением программы Microsoft Office Excel 2013.

При выделении *E. coli* O157:H7 с различных объектов внешней среды исследовали 6602 образца, в том числе 353 пробы кормов растительного происхождения, 25 проб почвы, 794 пробы мяса от вынужденно убитых животных, 5430 проб смызов с объектов, подлежащих ветеринарному надзору.

Из различных объектов выделили 176 изолятов бактерий группы кишечной палочки (БГКП), в том числе из почвы – 20, смызов с объектов внешней среды, подлежащих ветеринарному надзору (перерабатывающие предприятия), – 77, мяса от вынужденно убитых животных – 69, кормов животного и растительного происхождения – 10.

При исследовании выделенных культур на принадлежность к *E. coli* O157: H7 выявлено 10 изолятов – 5,7 % от количества выделенных бактерий группы кишечной палочки (БГКП) и 0,15% от общего количества исследованных проб (табл. 1).

Таблица 1

Выделение *E. coli* O157:H7 из различных объектов внешней среды

№ п/п	Наименование объекта (образца)	Исследовано проб, шт.	Количество изолятов <i>E. coli</i>		Количество изолятов <i>E. coli</i> O157:H7	
			шт.	%	шт.	%
1	Смывы с объектов, подлежащих ветеринарному надзору (перерабатывающие предприятия)	5430	77	1,4	2	2,6
2	Мясо (вынужденный убой)	794	69	8,7	6	8,7
3	Почва	25	20	80,0	2	10
4	Корма растительного происхождения	353	10	2,8	0	-
Итого		6602	176	2,7	10	5,7

Максимальное количество изолятов *E. coli* от числа исследованных проб выделяли со смылов почвы (80 %), с мяса вынужденно убитых животных – 8,7 %. Минимальное выделение наблюдали со смылов объектов, подлежащих ветеринарному надзору (1,4 %).

Наибольшее количество *E. coli* изучаемого серотипа выделяли из почвы – 10 % и мяса – 8,7 % случаев. Со смылов объектов, подлежащих ветеринарному надзору, *E. coli* O157:H7 выделяли в 2,6 % случаев.

В кормах растительного происхождения данный микроорганизм обнаружен не был.

Таким образом, *E. coli* O157:H7 может контаминировать почву, пищевые продукты животного происхождения во время их переработки, оборудование мясоперерабатывающих предприятий, что при несоблюдении санитарно-гигиенических требований является потенциальным источником распространения *E. coli* O157:H7 для населения.

При исследовании чувствительности выделенных штаммов *E. coli* O157:H7 к антибактериальным препаратам оценивали диаметр зоны ингибирования роста бактерий (табл. 2).

Таблица 2

Чувствительность выделенных культур *E. coli* O157:H7 к антибактериальным препаратам

Номер культуры	Цефотаксим	Норфлоксацин	Цефепим	Имипенем	Гентамицин	Ципрофлоксацин	Цефтриаксон	Амоксициллин	Хлорамфеникол	Тетрациклин	Цефокситин	Цефазидим
	Зона задержки роста, мм											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	28,0±1,5 (+++)	28,0±2,5 (+++)	29±0,6 (+++)	29,0±1,0 (+++)	25,0±1,0 (+++)	29,0±1,0 (+++)	28,0±1,5 (+++)	11,0±1,5 (+)	25,0±2,1 (+++)	18,0±3,1 (++)	0 (-)	27,0±2,0 (+++)
2	28,0±0,5 (+++)	22,0±2,0 (+++)	30,0±2,3 (+++)	28,0±1,0 (+++)	21,0±1,1 (+++)	30,0±1,5 (+++)	29,0±2,0 (+++)	23,0±2,6 (+++)	27,0±2,0 (+++)	20,0±2,6 (+++)	28,0±1,5 (+++)	31,0±3,2 (+++)
3	23,0±2,0 (+++)	21,0±1,7 (+++)	22,0±1,5 (+++)	40,0±2,0 (+++)	15,0±1,0 (+)	27,0±3,0 (+++)	21,0±1,1 (+++)	24,0±2,3 (+++)	27,0±0,7 (+++)	0 (-)	26,0±2,0 (+++)	14,0±1,0 (+)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Окончание табл. 2

4	29,0±1,5 (+++)	32,0±2,3 (+++)	29,0±1,5 (+++)	25,0±1,5 (+++)	21,0±1,5 (+++)	32,0±3,6 (+++)	28,0±0,5 (+++)	20,0±1,7 (+++)	22,0±1,1 (+++)	0 (-)	24,0±2,0 (+++)	25,0±1,7 (+++)
5	25,0±2,0 (+++)	17,0±2,0 (++)	25,0±3,0 (+++)	40,0±3,0 (+++)	15,0±1,5 (+)	27,0±1,1 (+++)	22,0±1,0 (+++)	30,0±2,0 (+++)	28,0±1,1 (+++)	0 (-)	30,0±1,5 (+++)	16,0±1,5 (++)
6	31,0±1,0 (+++)	32,0±1,7 (+++)	33,0±1,5 (+++)	29,0±0,5 (+++)	27,0±0,5 (+++)	30,0±2,5 (+++)	27,0±0,5 (+++)	24,0±2,6 (+++)	27,0±1,7 (+++)	0 (-)	26,0±1,5 (+++)	29,0±2,6 (+++)
7	29,0±1,0 (+++)	30,0±0,5 (+++)	25,0±0,5 (+++)	25,0±2,0 (+++)	20,0±1,1 (+++)	31,0±1,1 (+++)	28,0±1,5 (+++)	16,0±1,5 (++)	22,0±2,6 (+++)	0 (-)	23,0±2,0 (+++)	25,0±1,5 (+++)
8	28,0±0,5 (+++)	31,0±1,0 (+++)	31,0±0,5 (+++)	30,0±0,5 (+++)	22,0±2,0 (+++)	32,0±2,6 (+++)	31,0±1,5 (+++)	19,0±1,5 (++)	10,0±1,1 (+)	0 (-)	23,0±2,5 (+++)	28,0±2,3 (+++)
9	30,0±4,5 (+++)	32,0±1,1 (+++)	30,0±0,5 (+++)	28,0±0,5 (+++)	21,0±1,1 (+++)	33,0±0,5 (+++)	30,0±1,0 (+++)	10,0±1,0 (+)	0 (-)	0 (-)	26,0±2,0 (+++)	28,0±1,5 (+++)
10	30,0±3,6 (+++)	33,0±2,0 (+++)	23,0±2,0 (+++)	28,0±1,1 (+++)	23,0±2,8 (+++)	33,0±1,0 (+++)	28,0±2,0 (+++)	10,0±0,5 (+)	0 (-)	0 (-)	25,0±1,5 (+++)	30,0±2,0 (+++)
Чувствительности штаммов, %	100	90	100	100	80	100	100	70	70	10	90	90

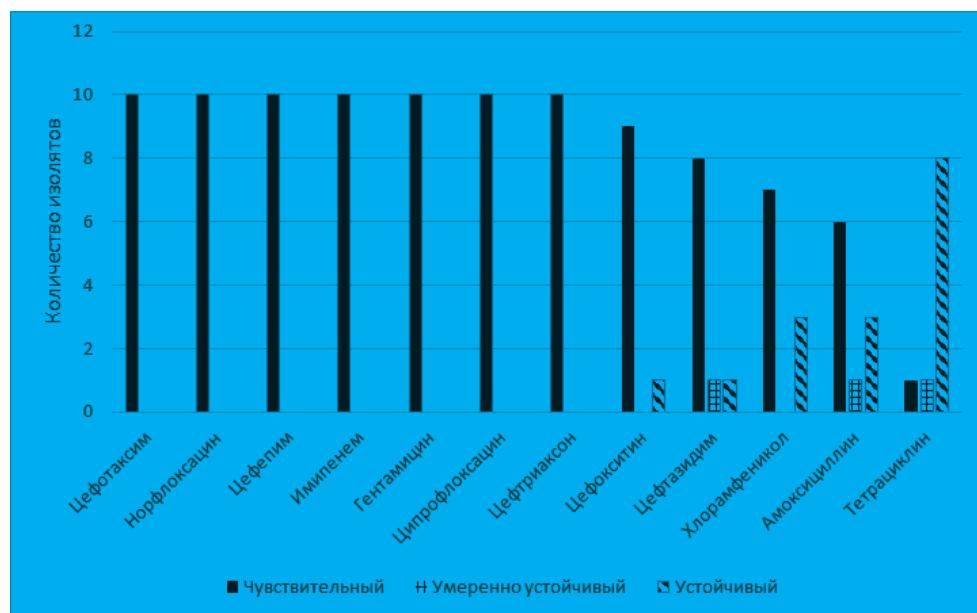
Примечание. «-» – устойчивый; «+» – малочувствительный; «++» – чувствительный; «+++» – высокочувствительный.

Исследования антибиотикочувствительности выделенных изолятов *E. coli* O157:H7 выявили 100 %-ю чувствительность к цефотаксиму, цефепиму, имипенему, ципрофлоксацину, цефтриаксону. К норфлоксацину, цефокситину, гентамицину, цефтазидиму были чувствительны 80–90 % выделенных штаммов.

Таким образом, как следует из полученных данных, частота чувствительности к цефалоспоринам и фторхинолонам среди изученных штаммов этого вида достаточно высокая.

Как видно из рисунка, высокую устойчивость *E. coli* O157:H7 наблюдали к тетрациклину – у 80 % изолятов, из них 2 изолята были выделены из почвы и 6 – из мяса вынужденного убоя.

Среднюю антибиотикоустойчивость наблюдали к хлорамфениколу и амоксициллину – 30 %, низкую устойчивость – к цефокситину и цефтазидиму (10 %).



Антибиотикорезистентность выделенных изолятов *E. coli* O157: H7

Таким образом, при исследовании смывов с почвы, продуктов растительного и животного происхождения выделяли изоляты *E. coli* O157:H7, которые были резистентны к антибиотикам

тетрациклического ряда. Это говорит о том, что длительное применение антибиотиков, часто используемых в животноводстве при лечении болезней, приводит к развитию антибиотикорезистентности бактерий, вызывающих заболевания.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. При бактериологическом исследовании почвы, смыков с объектов, подлежащих ветеринарному надзору, мяса от вынужденно убитых животных выделяли изоляты *E. coli* O157:H7, что подтверждает возможность выделения данного микроорганизма не только от клинически больных животных, но и из объектов внешней среды, оборудования мясоперерабатывающих предприятий, что необходимо учитывать при эпизоотологическом (эпидемиологическом) расследовании вспышек острых клинических инфекций.

2. Выявлена высокая антибиотикочувствительность (80–100 %) выделенных изолятов *E. coli* O157:H7 к аминогликозидам, хинолонам, цефалоспоринам 2, 3 и 4-го поколений, карбапенемам.

3. Установлена высокая антибиотикорезистентность изолятов *E. coli* O157:H7 к тетрациклину (80 %), средняя – к хлорамфениколу и амоксициллину (30 %).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Feiner R., Argov T., Rabinovich L. A new perspective on lysogeny: prophages as active regulatory switches of bacteria // Nature Reviews Microbiology. – 2015. – N 13. – P. 641-650.
2. Shiruma N.J., Pilhofer M., Weiss G.L. Marine tubeformmetamorphosis induced by arrays of bacterial phage tail-like structures // Science. – 2014. – N 343. – P. 529–533.
3. Колибактериоз телят в современных экологических условиях Сибири (Особенности эпизоотологии, клинического проявления, патогенез, диагностика, меры профилактики и борьбы): метод. рекомендации / подгот.: А.С. Кашин, М.И. Заздравных, Н.А. Шкиль. – Барнаул: АзБука, – 2003. – 79 с.
4. Кафтырева Л.А., Макарова М.А., Коновалова Т.А. Характеристика энтерогеморрагической *Escherichia coli* O145:H28, выделенной от пациента с гемолитико-уреемическим синдромом // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. – 2013. – № 5. – С. 100–104.
5. Ряпис Л.А., Филатов Н.Н., Светоч Э.А. Характеристика штаммов *Escherichia coli* O157:H7, изолированных на территориях Центрального федерального округа // Микробиология. – 2004. – № 12. – С. 7–11.
6. Padhye N.V., Doyle M.P. *Escherichia coli* O157:H7 epidemiology, pathogenesis and methods for detection in food // J. Food Protect. – 1992. – N 55. – P. 555–565.
7. Jaros P., Prattley D., Marshall J.C. Geographic divergence of bovine and human shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157:H7 genotypes, new Zealand // Emerging Infectious Diseases. – 2014. – T. 20, N 12. – P. 1980–1989.
8. The risk of the hemolytic-uremic syndrome after antibiotic treatment of *Escherichia coli* O157:H7 infections / C.S. Wong, S. Jelacic, R.L. Habeeb [et al.] // N. Engl. J. Med. – 2000. – Vol. 342. – P. 1930-1936.
9. Степанишин Ю.Г., Светоч Э.А., Ерусланов Б.В. Бактерионосительство энтерогеморрагических эшерихий серовара O157:H7 у животных // Ветеринария. – 2005. – № 7. – С. 17–22.
10. Онищенко И.С., Шкиль Н.А., Концев В.Ю. Распространение, биологические свойства и эпидемиологическое значение кишечной палочки серотипа O157: H7, циркулирующей среди сельскохозяйственных и мелких домашних животных // Актуальные вопросы ветеринарной медицины Сибири / Ин-т эксперим. ветеринарии Сибири и Дал. Востока. – Краснообск, 2010. – С. 75–83.
11. Sargeant J.M., Oberst R.D., Phebus R.K. Results of a longitudinal study of the prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 on cow-calf farms // Am. J. Vet. Res. – 2000. – Vol. 61, N 11. – P. 1375–1379.
12. Пушкирева В.И., Литвин В.Ю., Ермолаева С.А. Растения как резервуар и источник возбудителей пищевых инфекций // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2012. – № 2 (63). – С. 10–20.
13. Jayaraman D., Valdés-López O. Response of medicago truncatula seedlings to colonization by *salmonella enterica* and *escherichia coli* O157:H7 // PLoS ONE. – 2014. – T. 9, N 2. – P. 87970.

14. Сидоренко С.В. Молекулярные механизмы и генодиагностика антибиотикорезистентности возбудителей инфекционных болезней // Генодиагностика инфекционных болезней: Рос. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 25-27 окт.). – Новосибирск, 2005. – Т. II. – С. 129–130.
15. Пирожков М.К., Стрельченко С.А. Энтерогеморрагические эшерихии и разработка средств их диагностики // Профилактика, диагностика и лечение инфекционных болезней, общих для людей и животных: материалы Междунар. науч. конф. (Ульяновская ГСХА, 27-23 июня 2006 г.). – Ульяновск, 2006. – С. 119–122.

REFERENCES

1. Feiner R., Argov T., Rabinovich L. A new perspective on lysogeny: pro-phages as active regulatory switches of bacteria, *Nature Reviews Microbiology*, 2015, No. 13, pp. 641-650.
2. Shiruma N.J., Pilhofer M., Weiss G.L. Marine tubeformmetamorphosis induced by arrays of bacterial phage tail-like structures, *Science*, 2014, No. 343, pp. 529-533.
3. Kashin A.S., Zazdravnyh M.I., Shkil' N.A., *Kolibakterioz telyat v sovremennyh ekologicheskikh usloviyah Sibiri* (Colibacteriosis of calves in modern ecological conditions of Siberia), Method. Recommendations, Barnaul: AzBuka, 2003, 79 p.
4. Kaftyreva L.A., Makarova M.A., Konovalova T.A., *Zhurnal mikrobiologii, epidemio-logii i immunologii*, 2013, No. 5, pp. 100–104. (In Russ.)
5. Ryapis L.A., Filatov N.N., Svetoch E.A., *Mikrobiologiya*, 2004, No. 12, pp. 7–11. (In Russ.)
6. Padhye N.V., Doyle M.P. Escherichia coli O157:H7 epidemiology, pathogenesis and methods for detection in food, *J. Food Protect*, 1992, No. 55, pp. 555-565.
7. Jaros P., Prattley D., Marshall J.C. Geographic divergence of bovine and human shiga toxin-producing Escherichia coli O157:H7 genotypes, new Zealand, *Emerging Infectious Diseases*, 2014, Vol. 20, No. 12, pp. 1980-1989.
8. Wong C.S., Jelacic S., Habeeb R.L. [et al.] The risk of the hemolytic-uremic syndrome after antibiotic treatment of Escherichia coli O157:H7 infections, *N. Engl. J. Med*, 2000, Vol. 342, pp. 1930-1936.
9. Stepanshin Yu.G., Svetoch E.A., Eruslanov B.V., *Veterinariya*, 2005, No. 7, pp. 17–22. (In Russ.)
10. Onishchenko I.S., Shkil' N.A., Koptev V.Yu., *Aktual'nye voprosy veterinarnoj mediciny Sibiri*, Krasnoobsk, 2010, pp. 75–83. (In Russ.)
11. Sargeant J.M., Oberst R.D., Phebus R.K. Results of a longitudinal study of the prevalence of Escherichia coli O157:H7 on cow-calf farms, *Am. J. Vet. Res*, 2000, Vol. 61, No. 11, pp. 1375-1379.
12. Pushkareva V.I., Litvin V.Yu., Ermolaeva S.A., *Epidemiologiya i vakci-noprofilaktika*, 2012, No. 2 (63), pp. 10–20. (In Russ.)
13. Jayaraman D., Valdés-López O. Response of medicago truncatula seedlings to colonization by salmonella enterica and escherichia coli O157:H7, *PLoS ONE*, 2014, Vol. 9, No. 2, pp. 1-12.
14. Sidorenko S.V. *Genodiagnostika infekcionnyh boleznej* (Genodiagnostics of infectious diseases), Proceedings of the Russian Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, 25-27 October's, Novosibirsk, 2005, Vol. II, pp. 129–130. (In Russ.)
15. Pirozhkov M.K., Strel'chenko S.A. *Profilaktika, diagnostika i lechenie infekcionnyh boleznej, obshchih dlya lyudej i zhivotnyh* (Prevention, diagnosis and treatment of infectious diseases common to humans and animals), Proceedings of the International Scientific Conference, 27-23 June, 2006, Ul'yanovsk, 2006, pp. 119–122. (In Russ.)

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ ПЕРВОГО КЛАССА ОПАСНОСТИ В ПОЧВАХ ЗАСОЛЕННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРАБИНСКОЙ РАВНИНЫ

¹**Н.В. Семендеева**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН

^{1,2}**А.А. Морозова**, младший научный сотрудник

³**Н.И. Добротворская**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²**Н.В. Елизаров**, кандидат биологических наук, научный сотрудник

¹ Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН

² Институт почвоведения и агрохимии РАН

³ Сибирский государственный университет геосистем и технологий

E-mail: valeri_170886@mail.ru

Ключевые слова: засоленные агроландшафты, катена, микроэлементы, цинк, мышьяк, кадмий, свинец.

Реферат. В Барабинской равнине (Барабе), которая занимает 65,5 % (11,7 млн га) Новосибирской области, в почвенном покрове преобладают засоленные агроландшафты. Их формирование обусловлено геологическим прошлым и геоморфологическим расположением территории. Профильное изучение микроэлементного состава почв, засоленных агроландшафтов проведено в северо-восточной части Барабы по катене, в которой были выделены три позиции: элювиальная (верхняя), транзитная (промежуточная) и аккумулятивная (нижняя). На верхней позиции сформировалась лугово-черноземная почва, на промежуточной – черноземно-луговая солончаковая почва, а на аккумулятивной – солонец глубокий солончаковый. Изучение микроэлементного состава почв первого класса опасности (Zn, As, Cd и Pd) по катене показало, что их распределение и накопление определяются общими физико-химическими свойствами: гранулометрическим составом, величиной рН, содержанием гумуса и поглотительной способностью. Эти показатели тесно связаны между собой и взаимно обуславливают геохимический элементный состав почв. Валовое содержание цинка, кадмия и свинца ниже ПДК как в горизонте A, так и по профилю почв и не представляет опасности для использования данной территории в сельскохозяйственном производстве. Более того, отмечено низкое содержание цинка, которое может быть повышено за счет внесения цинкосодержащих микроудобрений, что, как показали исследования ряда других авторов, способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур и улучшению его качества. Валовое содержание мышьяка в засоленных агроландшафтах приближается к ПДК как в гумусовом горизонте A, так и по всему профилю. Это связано со значительной подвижностью соединений мышьяка и высокой способностью исследуемых почв катены поглощать их. Данную особенность следует учитывать при сельскохозяйственном использовании засоленных агроландшафтов.

THE TRACE ELEMENTS OF THE 1-ST CLASS OF HAZARD IN SOILS OF SALINE AGRO-LANDSCAPES IN THE NORTH-EASTERN PART OF THE BARABA PLAIN

¹**N.V. Semendyaeva**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences

^{1,2}**A.A. Morozova**, Junior Researcher

³**N.I. Dobrotvorskaya**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

²**N.V. Elizarov**, Ph.D. in Agricultural Sciences, Researcher

¹*Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies RAS*

²*Institute of Soil Science and Agrochemistry RAS*

³*Siberian State University of Geosystems and Technologies*

Key words: saline agricultural landscapes, catena, trace elements, zinc, arsenic, cadmium, lead.

Abstract. In the Baraba plain (Baraba), which occupies 65.5% (11.7 million ha) of the Novosibirsk region, saline agrolandscapes predominate in the soil cover. Their formation is due to the geological past and geomorphological location of the territory. A profile study of the microelement composition of soils, saline agrolandscapes was conducted in the northeastern part of Baraba along the catena, in which three positions were identified: eluvial (upper), transitional (intermediate) and accumulative (lower). Meadow-chernozem soil was formed at the upper position; black soil-meadow solonchak soil was formed at the intermediate position; deep solonchak soil was formed at the accumulative position. Studying of microelement composition of soils of the first class of danger (Zn, As, Cd and Pd) on catenary has shown that their distribution and accumulation are determined by the general physic-chemical properties, such as: granulometric composition, pH value, humus content and absorbing capacity. These indicators are closely related to each other and mutually condition the geochemical elemental composition of soils. The gross contents of zinc, cadmium and lead are below the MPC (maximum permissible concentration) both in the A horizon and along the soil profile and do not pose a risk to the use of this area in agricultural production. Moreover, the authors note a low zinc content, which can be increased by applying zinc-containing micro-fertilizers. Studies by a number of other authors show an increase in crop yields and improved crop quality with the application of zinc-containing micro-fertilizers. The gross arsenic content in saline agrolandscapes is close to MPC both in the humus horizon A and throughout the profile. This is due to the significant mobility of arsenic compounds and the high capacity of the studied soils to absorb them. This feature should be taken into account in the agricultural use of saline agrolandscapes.

В почвенном покрове Новосибирской области на долю галогенных почв (солончаков, солонцов, солонцов и их разновидностей) приходится около 26 % территории. Это почвы крайне низкого качества и на них возможно ведение сельскохозяйственного производства только после проведения мелиоративных работ. Основные массивы их находятся в Барабинской равнине, которая занимает 65,5 % (11,7 млн га) территории Новосибирской области, где сосредоточены засоленные агроландшафты различной степени и типа засоления, оглеения, солонцеватости и солончаковатости.

С экологической точки зрения для сельскохозяйственного использования данной территории важно знать не только физические и физико-химические свойства почв засоленных комплексов, но и микроэлементный состав. Сельскохозяйственная продукция растительного и животного происхождения с избытком или недостатком того или иного микроэлемента, используемая человеком, может нанести серьезный вред его здоровью.

Цель исследований – изучить содержание микроэлементов – цинка, мышьяка, кадмия и свинца (первый класс опасности) в почвах катены засоленного агроландшафта северо-восточной части Барабинской равнины.

Задачи исследований:

1) изучить по катене свойства почв засоленных агроландшафтов (элювиальную, транзитную и аккумулятивную позиции);

2) определить в почвах катены содержание и характер передвижения микроэлементов первого класса опасности;

3) дать санитарно-гигиеническую оценку содержания микроэлементов в отношении здоровья животных и человека.

В изучаемой части территории рельеф представлен чередованием древних междуречий, лощин стока, вытянутых с севера-востока на юго-запад. Междуречья плоские, приподняты над лощинами на 5–15 м. Местами на них встречаются расплывчатые низкие гривы. Микрорельеф западинный и мелкобугристый, что способствует перераспределению влаги и легкорастворимых солей с грив в межгривные понижения.

Климат резко-континентальный. Годовое количество осадков составляет от 225 до 400 мм. Гидротермический коэффициент (ГТК) изменяется от 0,6–0,8 до 1,0–1,2. Для климата характерна цикличность. Во время влажных периодов в почвах происходит снижение засоления и окислительно-восстановительных процессов, а в засушливые наблюдаются обратные явления. Почвообразующие породы представлены озерно-аллювиальными и субаэральными лессовидными отложениями преимущественно суглинистого и глинистого гранулометрического состава с разной степенью засоления.

Характерной особенностью растительного покрова Барабы является смена лесной растительности на степную. Березовые колки паркового типа чередуются с оstepняющимися лугами. Остепнение территории приводит к усыханию лесных массивов и засолению почвенного покрова.

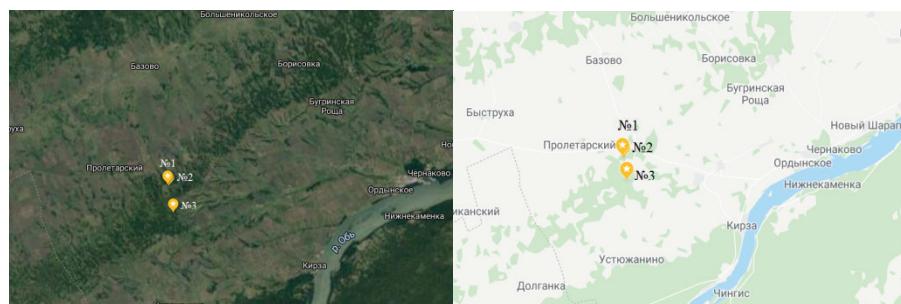
В северо-восточной части Барабы в широкой долине р. Карасук в засоленном агроландшафте были заложены три почвенных разреза.

На мезорельфе (элювиальная позиция) расположен разрез № 1 (рисунок). Его привязка – 54°31'3,0" с.ш. и 80°30'45,6" в.д. Почва – лугово-черноземная обыкновенная выщелоченная среднемощная среднесуглинистая.

В транзитной зоне выкопан разрез № 2. Привязка – 54°35'14,5" с.ш. и 18°29'45,3" в.д. Почва – черноземно-луговая солончаковая супесчаная, в которой на глубине 80 см четко выражен профиль погребенной почвы. В ней выделяются погребенные горизонты $A_{\text{погр}}$ (80–90 см) и $B_{\text{погр}}$ (100–110 см).

В аккумулятивной зоне заложен разрез № 3. Его привязка – 54°35' 37,4" с.ш. и 81°29'11,5" в.д. Почва – солонец луговой глубокий солончаковатый легкоглинистый.

Выполнено морфологическое описание разрезов, взяты почвенные образцы по генетическим горизонтам, включая почвообразующую породу, в которых сделаны следующие виды анализов по общепринятым методикам: гранулометрический состав – по Качинскому, поглощенные основания – по Шолленбергеру, гумус – по Тюрину, величина pH – потенциометрически. Микроэлементы определены на двухлучевом атомно-эмиссионном плазмотроне (ДАЭП) методом атомной спектроскопии [1]. В данной статье рассмотрены результаты анализов валового содержания микроэлементов первого класса опасности: цинка (Zn), мышьяка (As), кадмия (Cd) и свинца (Pb) [2, 3].



Местоположение почвенных разрезов в засоленном агроландшафте северо-восточной части Барабинской равнины

При изучении содержания и экотоксичности микроэлементов в почвах необходимо знать их гранулометрический состав и физико-химические свойства. Эти показатели определяют геохимические свойства почв. Результаты полевых исследований свидетельствуют, что от местоположения почв по рельефу в засоленных агроландшафтах Барабы зависят тип, свойства почв и их гидроморфность (табл. 1).

Таблица 1

Физико-химические свойства почв катены засоленного агроландшафта северо-восточной части Барабинской равнины

Геохимическая позиция, номер разреза, почва	Горизонт, глубина взятия образца, см	Физическая глина (частицы <0,01 мм)	Гумус, %	рН _{H₂O}	Обменные катионы ммоль-экв/100 г почвы		
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ¹⁺
Элювиальная, разрез №1, лугово-черноземная среднемощная среднесуглинистая	A _{пах} 0-18	36,5	9,67	6,62	19,0	4,95	0,23
	A ₁ 25-35	31,1	7,74	6,57	12,7	10,80	0,21
	AB 50-60	53,5	1,29	6,26	10,5	8,05	0,24
	B ₁ 70-80	53,9	Не опр.	6,71	13,1	6,95	0,41
	B _к 110-120	56,3	Не опр.	8,40	9,75	9,05	0,76
Транзитная, разрез №2, черноземно-луговая солончаковатая супесчаная	A 0-10	14,0	10,75	7,90	11,6	21,4	0,86
	A ₁ 10-24	8,8	4,51	8,20	13,4	23,2	3,39
	AB _g 30-40	21,4	1,00	8,30	9,2	21,1	4,20
	B _g 50-60	22,6	0,55	8,44	9,0	19,0	3,61
	A _{пог} 80-90	53,3	0,86	8,91	9,9	11,30	7,91
	B _к 100-110	56,1	0,59	9,13	6,0	8,90	6,61
Аккумулятивная, разрез №3, солонец луговой глубокий солончаковатый тяжелосуглинистый	A 0-20	60,6	5,16	9,8	2,25	18,25	5,45
	B ₁ 20-30	60,2	2,58	10,12	1,55	11,15	7,36
	B ₂ 30-50	41,2	0,86	10,16	1,75	8,05	5,07
	B ₃ 50-60	41,2	Не опр.	10,00	1,75	8,90	5,52
	B ₄ 70-80	54,6	Не опр.	10,04	2,50	9,65	6,53

Из данных табл. 1 видно, что почвы катены имеют различный гранулометрический состав не только в горизонте A, но и по всему профилю. На элювиальной позиции в горизонте A_{пах} он среднесуглинистый, к низу увеличивается до тяжелосуглинистого, в транзитной зоне в погребенной почве облегчается до супесчаного на глубину 60 см, а затем возрастает до тяжелосуглинистого. В почве аккумулятивной позиции гранулометрический состав в верхних горизонтах легкоглинистый и среднеглинистый, затем облегчается до легкоглинистого.

Почвы изучаемой катены относятся к высоко- и среднеобеспеченным гумусом, содержание которого с глубиной резко снижается. Величина pH в метровом слое почвы элювиальной позиции нейтральная, а ниже – щелочная. В транзитной и аккумулятивной зонах по всему профилю величина pH – щелочная, а к низу – сильнощелочная. Гранулометрический состав, содержание гумуса и другие свойства почв катены взаимосвязаны и взаимообусловливают их геохимический элементный состав.

Таблица 2

Профильное распределение валового содержания цинка, мышьяка, кадмия и свинца в почвах засоленного агроландшафта северо-восточной части Барабинской равнины

Геохимическая позиция, номер разреза, почва	Горизонт, глубина взятия образца см	Микроэлементы, мг/кг сухой почвы			
		Zn	As	Cd	Pb
Элювиальная, разрез № 1, лугово-черноземная среднемоющая среднесуглинистая	A _{max} 0-18	78,7	9,3	0,208	13,2
	A ₁ 25-35	95,0	15,8	0,322	12,6
	AB 50-60	99,8	33,0	0,482	22,3
	B ₁ 70-80	95,5	21,2	0,464	17,4
	B ₂ 110-120	88,8	16,6	0,352	13,2
Транзитная, разрез № 2, черноземно-луговая солончаковая супесчаная	A 0-18	77,6	14,6	0,207	11,2
	A ₁ 10-24	92,4	6,0	0,658	11,6
	AB 30-40	55,1	22,8	0,414	4,4
	B ₂ 50-60	57,0	0,005	0,313	4,8
	A _{погр} 80-90	77,1	21,7	0,318	11,4
	B ₃ 100-110	85,9	35,1	1,100	15,8
Аккумулятивная, разрез № 3, солонец луговой средний солончаковый тяжелосуглинистый	A 0-20	84,0	10,9	0,222	11,5
	B ₁ 20-30	54,1	8,8	0,156	7,1
	B ₂ 30-50	58,6	6,3	0,110	11,0
	B ₃ 50-60	59,5	12,3	0,150	14,6
	B ₄ 70-80	67,0	10,3	0,217	11,9
Кларк		70	5	0,13	16
ПДК		220	20	2,0	130

Цинк (Zn) участвует во многих биохимических процессах живых организмов. Он входит в состав разнообразных ферментов. Принимает участие в процессе размножения. В высших растениях накапливается в зародышах семян, поэтому его недостаток ослабляет процесс формирования генеративных органов и плодоношения. При крайне низком содержании в почве цинка в растениях может наблюдаться полное отсутствие семян.

Дефицит цинка в почве вызывает у растений нарушение углеводородного, фосфатного и белкового обмена, снижает их устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды [4]. Среднее валовое содержание цинка в почвах мира составляет 70 мг/кг [5], в Новосибирской области – 73, в почвах Приобья и Барабе – от 53 до 75 мг/кг [6]. Наименьшая растворимость соединений цинка в почвах отмечается в интервале pH 5,5–7,5. При увеличении величины pH его растворимость снова возрастает вследствие образования цинкатов, так как отрицательный заряд способствует уменьшению поглощения их почвой [7].

Установлено, что в Новосибирской области практически повсеместно ощущается дефицит данного элемента в почвах, а следовательно, и в растениях, рационах животных и человека [5]. Критически низким содержанием цинка в растениях и кормах считается 20–30 мг/кг сухого вещества [8]. Природного избытка цинка в почвах Новосибирской области не обнаружено [6].

Содержание цинка в почвах катены приведено в табл. 2, из данных которой видно, что его содержание в почвах ниже ПДК (предельно допустимой концентрации) в 2 раза и более. В лугово-черноземной почве элювиальной позиции наименьшее содержание цинка обнаружено в горизонте A_{max} – 78,7 мг/кг почвы. До глубины 110 см его количество несколько возрастает и по профилю слабо изменяется (99,8–99,5 мг/кг). Ниже 110 см отмечается его дальнейшее уменьшение. В транзитной позиции, где сформировалась погребенная почва, содержание цинка определяется глубиной погребения почвенных горизонтов. Так, в горизонте A (0–10 см) его содержание незначительно, в горизонте A₁ возрастает и приближается к показателю зональной почвы в элювиальной позиции, а затем резко снижается до 55,1–57,0 мг/кг почвы. В погре-

бенном горизонте $A_{\text{погр}}$ сохраняется примерно такое же количество цинка, как и в верхнем современном горизонте A (77,1 и 78,7 мг/кг почвы соответственно). Затем снова его содержание увеличивается. На наш взгляд, данное распределение чрезвычайно интересно, т.к. оно свидетельствует о том, что в гумусовом горизонте цинка содержится меньше, чем в нижележащих горизонтах, за счет выноса его растениями, поверхностными водами и дефляцией, а передвижение по профилю незначительно.

В аккумулятивной позиции накопления цинка не происходит за счет его слабого передвижения не только по профилю, но и по катене. Здесь содержание цинка практически в 2 раза меньше, чем в почве элювиальной позиции. Наши данные согласуются с данными других исследователей [9–12], которые свидетельствуют о том, что внесение цинковых удобрений не только способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур, но и существенно улучшает качество урожая. При этом улучшается и экологическая обстановка агроландшафтов.

Мышьяк (As) издавна рассматривался как смертельно опасный яд. Однако современными глубокими многочисленными исследованиями установлено, что данный микроэлемент в малых количествах необходим живым организмам и растениям и крайне опасен в увеличенных дозах, впрочем, как и другие микроэлементы. Мышьяк по своим химическим свойствам близок к фосфору. Он принимает участие в процессах брожения, распаде углеродов, гликолизе.

Жизненная необходимость мышьяка в настоящее время, как отмечают В.Б. Ильин и А.И. Сысо [6], доказана только для животных, а для человека и растений его биологическая роль практически не изучена. Однако установлен фитотоксичный уровень валового содержания мышьяка в почвах, который зависит в основном от ее свойств, гранулометрического состава, количества гумуса и поглотительной способности. На легких малогумусных почвах с низкой поглотительной способностью фитотоксичный уровень равен 10–20 мг/кг почвы, на тяжелых высокогумусных он может доходить до 100 мг/кг [13].

ПДК мышьяка в России в песчаных и супесчаных малогумусных кислых почвах находится в пределах 2, а на тяжелосуглинистых и глинистых нейтральных и щелочных – 10 мг/кг почвы. В почвах Новосибирской области среднее валовое содержание мышьяка не превышает ПДК [6]. Однако в засоленных агроландшафтах возможно повышенное его содержание. Как свидетельствуют полученные нами данные, в почвах изученной катены (см. табл. 2) в горизонтах A валовое содержание мышьяка приближается к величине ПДК, а в транзитной позиции оно довольно высокое (14,6 мг/кг). По профилю лугово-черноземной почвы с глубиной количества мышьяка существенно возрастает, достигая максимума в горизонте AB (33,0 мг/кг), затем снова снижаясь в карбонатном горизонте B_k до 16,6 мг/кг. В транзитной зоне в погребенной черноземно-луговой почве содержание мышьяка в значительной степени определяется гранулометрическим составом и глубиной погребенных генетических горизонтов. Так, в горизонте B погребенной почвы на глубине 100–110 см валовое содержание мышьяка в 1,5 раза превышает ПДК. Это свидетельствует о значительной подвижности данного микроэлемента и его соединений, высокой водной растворимости и большой поглотительной способности гидроморфных аналогов чернозема – лугово-черноземной и черноземно-луговой почв. В аккумулятивной зоне в профиле солонца глубокого содержание мышьяка в верхнем и нижнем горизонтах в пределах ПДК или немного выше, а в горизонтах B_1 и B_2 – несколько ниже ПДК.

Полученные нами данные вполне согласуются с данными В.Б. Ильина и А.И. Сысо [6], которые тоже отмечали в засоленных тяжелосуглинистых почвах повышенное содержание мышьяка. Они связывали данное явление с биогенной аккумуляцией, особенно в горизонтах A_1 и $A_{\text{пах}}$. Кроме того, авторы отмечают, что в пахотных горизонтах аккумуляция химических элементов затушевывается или вообще не проявляется вследствие эрозионных процессов, приводящих к выносу илистых фракций из пахотного слоя.

Таким образом, в почвах засоленных агроландшафтов возможно природное повышенное валовое содержание мышьяка по профилю или его накопление за счет биогенной аккумуляции в верхних гумусовых горизонтах. Это необходимо учитывать при сельскохозяйственном использовании засоленных агроландшафтов.

Кадмий (Cd) включен в международные и отечественные списки загрязняющих веществ, подлежащих контролю. Как и другие микроэлементы, кадмий в микродозах необходим живым организмам, в том числе и человеку, но при повышенных концентрациях он чрезвычайно токсичен. Повышенное содержание кадмия подавляет ферментативную активность и ингибирует микробиологическую деятельность. В растениях избыток кадмия проявляется в задержке роста, повреждении корневой системы и хлорозе листьев. Токсичность кадмия для человека практически в 10 раз выше, чем свинца. Его избыток способствует разрушению эритроцитов крови, нарушению работы почек, кишечника, размягчению костной ткани [6].

По химическим свойствам кадмий близок к цинку, но отличается от него большей подвижностью в кислой среде и меньшей – в щелочной, какими являются засоленные почвы. Кларк кадмия в литосфере – 0,13 мг/кг [5, 14]. В глинах и глинистых породах он равен 0,15, в песках и супесях – 0,03 мг/кг. Его подвижность зависит от реакции среды и окислительно-восстановительного потенциала. В основных типах почв Западной Сибири валовое содержание кадмия составляет 0,07, а в засоленных почвах – выше [16, 17].

Мониторинг содержания кадмия в почвах Барабинской равнины показал, что его концентрации не превышают ПДК, не представляют опасности для окружающей среды и ведения экологически безопасного сельскохозяйственного производства [18]. В.П. Фещенко, изучая валовое содержание кадмия в почвах Барабы в течение 2002–2011 г. в пахотном слое 0–20 см, установила, что с 2002 по 2006 г. оно колебалось от 0,10 до 0,17 мг/кг, а начиная с 2007 по 2011 г. возросло до 0,24–0,41 мг/кг почвы. К сожалению, исследователь не дал этому явлению объяснений [18].

Определение содержания валового кадмия в почвах катены (см. табл. 2) показало, что в гумусовых горизонтах изучаемых почв его содержание примерно одинаково с небольшим увеличением в горизонте А солонца. С глубиной на элювиальной позиции его содержание существенно возрастает. Следует отметить, что на этой позиции обнаружено наибольшее содержание кадмия в профиле почвы по сравнению с другими изучаемыми профилями. Накопления этого элемента в аккумулятивной зоне не обнаружено. В транзитной зоне в погребенном горизонте А (80–90 см) содержание кадмия несколько больше, чем в современном. Заметно передвижение соединений кадмия вниз по профилю и накопление его в горизонте В – погребенном. Однако ни в одном горизонте изученных почв не обнаружено валового содержания кадмия выше ПДК, за исключением оглеенного горизонта В погребенной почвы.

Таким образом, валовое содержание кадмия в почвах засоленных агроландшафтов Барабы не превышает величины ПДК и не представляет опасности для окружающей среды с санитарно-гигиенических позиций.

Свинец (Pb) отрицательно влияет на биологическую активность в почве, ингибирует активность ферментов, снижает интенсивность выделения углерода и численность микроорганизмов [16]. Кларк свинца в земной коре составляет 16,0 мг/кг [5, 14]. В Западной Сибири, по данным В.Б. Ильина [19], фоновое содержание данного элемента около 16,4 мг/кг. По сравнению с другими тяжелыми металлами свинец наименее подвижен. В кислых почвах его подвижность увеличивается, а при их известковании – резко снижается. При высоких значениях pH свинец закрепляется в виде гидрооксида фосфата, карбоната и свинцово-органических комплексов [19].

Высокая концентрация свинца в почвах может быть связана как с природными геохимическими аномалиями, так и с антропогенным воздействием.

Изучение валового содержания свинца в почвах катены в засоленном агроландшафте северо-восточной части Барабы (см. табл. 2) показало, что наибольшее его количество находится на элювиальной позиции в лугово-черноземной среднесуглинистой почве. В горизонте $A_{\text{пах}}$ количество свинца около 13,2 мг/кг почвы, в горизонте AB – резко возрастает, а затем в карбонатном горизонте B_k снова снижается до 13,2 мг/кг. Такое распределение можно объяснить геохимическими особенностями данной территории и большим засолением в толще почвы 50–80 см. В транзитной зоне, где сформировалась погребенная черноземно-луговая солончаковая почва, по содержанию свинца четко выделяются погребенные горизонты A и B. В горизонтах A и $A_{\text{погр}}$ содержание данного элемента практически одинаково – 11,2–11,4 мг/кг соответственно. Это свидетельствует о большом сходстве данных горизонтов. В верхней наносной части профиля его содержание резко падает до 4,4–4,8 мг/кг, что связано с изменением гранулометрического состава и с резким снижением содержания гумуса. В горизонте B в погребенной почве, наоборот, содержание валового свинца возрастает до 15,8 мг/кг, главным образом за счет его предыдущего накопления и малой подвижности. В аккумулятивной зоне в профиле солонца лугового свинец распределен более или менее равномерно, за исключением горизонта B, где его содержание резко снижается.

Таким образом, в почвах засоленного агроландшафта северо-восточной части Барабинской равнины валовое количество свинца находится значительно ниже ПДК, даже ниже среднего содержания его в почвах Западной Сибири [5] и не представляет опасности для изучаемой территории при сельскохозяйственном использовании.

Статистическая обработка результатов анализов выполнялась в пакете прикладной статистики стандартных программ Excel. В частности, был выполнен корреляционный анализ для оценки корреляции содержания элементов в почвах с гранулометрическим составом и гумусом.

Выявлена корреляционная связь между гранулометрическим составом (содержанием физической глины) и содержанием кадмия в профиле почв в элювиальной и аккумулятивной позициях ($r = 0,7$). В транзитной позиции напротив, между распределением кадмия и физической глиной по профилю наблюдалась отрицательная корреляция ($r = -0,49$). Кроме того, в элювиальной позиции зафиксирована связь между содержанием физической глины и количеством свинца и мышьяка ($r = 0,54–0,58$), в транзитной позиции корреляция содержания свинца и физической глины сохранилась, а мышьяка и физической глины даже усилилась ($r = 0,48$ и $0,75$ соответственно). В аккумулятивной позиции иная ситуация – корреляция мышьяка с физической глиной стала слабее ($r = 0,15$), а со свинцом – обратной ($r = -0,60$). Связь количества цинка по профилю почв с содержанием физической глины в элювиальной и транзитной позициях слабая ($r = 0,35$ и $0,15$), в аккумулятивной позиции – сильнее ($r = 0,45$).

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. В Барабинской равнине, которая занимает 65,5 % (11,7 млн га) территории Новосибирской области, преобладают засоленные агроландшафты. Их почвенный покров представлен почвами различной степени и типа засоления, оглеения и осолождения.

2. Валовое содержание тяжелых металлов первого класса опасности – цинка, мышьяка, кадмия и свинца – в почвах катены северо-восточной части Барабы в пределах Новосибирской области тесно связано с их физико-химическими свойствами: гранулометрическим составом, содержанием гумуса, поглотительной способностью, величиной pH и местоположением по катене.

3. Валовое содержание цинка в почвах засоленного агроландшафта значительно ниже ПДК. Его накопления в профиле почв аккумулятивной позиции не обнаружено. Максимальное содержание отмечено в профиле лугово-черноземной почвы. Кадмий и свинец также находятся в количестве ниже ПДК и не вызывают на исследуемой территории санитарно-гигиенической

напряженности. Низкое содержание цинка можно устраниТЬ внесением цинковых удобрений, которые будут способствовать не только повышению плодородия почв, но и улучшат качество сельскохозяйственной продукции.

4. Валовое содержание мышьяка может усугубить санитарно-гигиеническую ситуацию, так как оно равно ПДК, а с глубиной – значительно выше. Это обстоятельство необходимо учитывать при сельскохозяйственном использовании данной территории с санитарно-гигиенической точки зрения.

Работа выполнена по государственному заданию СФНЦА РАН и ИПА СО РАН при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Практикум по агрохимии* / под ред. В.Г. Минеева – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 687 с.
2. *ГН 2.1.7.2041-06* Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М., 2009. – 22 с.
3. *СанПиН 2.17.1287-03* Санитарно-эпидемиологические требования к «качеству почвы» (с изменениями от 25 апреля 2007 года). – М., 2007. – 34 с.
4. *Влияние применения азота, молибдена и цинка на засухоустойчивость яровой пшеницы* / И. Захурил, И.В. Верниченко, Л.В. Обуховская, Л.В. Осинова // Доклады РАСХН. – 1999. – № 2. – С. 17–19.
5. *Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants* // 4th Edition – Boca Raton, Fl: CRc Press, 2011. – 548 р.
6. *Ильин В.Б., Сысо А.И.* Микроэлементы тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
7. *Пейве Я.В.* Агрохимия и биохимия микроэлементов. – М.: Наука, 1980. – 430 с.
8. *Биологические основы экологического нормирования* / В.И. Башкин, Е.В. Евстафьев, В.В. Снакин [и др.]. – М.: Наука, 1993. – 304 с.
9. *Красницкий В.М., Шмидт А.Г., Цырк А.Ф.* Содержание цинка в почвах Омской области // Плодородие. – 2014. – № 4. – С. 36–37.
10. *Красницкий В.М., Азаренко Ю.А.* Содержание микроэлементов в системе почва – растение в агроценозах Омского Прииртышья // Плодородие. – 2017. – № 5. – С. 28–31.
11. *Noulas C., Tzionvalekas M., Karyotis T.* Zinc in soils, water and food crops// Journal of trace elements in medicine and biology. – 2018. – Vol. 49. – P. 252–260.
12. *Sadeghzadeh B.* A review of zinc nutrition and plant breeding // Journal of soil science and plant nutrition. – 2013. – N 13 (4). – P. 905–927.
13. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
14. *Виноградов А.П.* Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–571.
15. *Сысо А.И.* Закономерности распространения химических элементов в почвообразующих горных породах и почвах Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 277 с.
16. *Гаевая Е.В., Захарова Е.В., Скипин Л.Н.* Тяжелые металлы в продуктах питания Тюменской области: монография. – Тюмень, 2013. – 146 с.

REFERENCES

1. Mineeva V.G. *Praktikum po agrohimii* (Workshop on agricultural chemistry), Moscow, Izd-vo MGU, 2001, 687 p.
2. GN 2.1.7.2041-06 *Predel'noe dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veshchestv v pochve* (Maximum Permissible Concentrations (MACs) of Chemical Substances in Soil), Moscow, 2009, 22 p.
3. SanPiN 2.17.1287-03 *Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k «kachestvu pochvy» (s izmeneniyami ot 25 aprelya 2007 goda)* (Sanitary and epidemiological requirements for “soil quality”), Moscow, 2007, 34 p.
4. Zahuril I., Vernichenko I.V., Obuhovskaya L.V., Osinova L.V., *Doklady RASKHN*, 1999, No. 2, pp. 17–19.
5. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants, *4th Edition – Boca Raton*, Fl: CRC Press, 2011, 548 p.
6. Il'in V.B., Syso A.I. *Mikroelementy tyazhelye metally v pochvah i rasteniyah Novosibirskoj oblasti* (Trace elements heavy metals in soils and plants of the Novosibirsk region), Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2001, 229 p.
7. Pejve Ya.V. *Agrohimiya i biohimiya mikroelementov* (Agrochemistry and biochemistry of trace elements), Moscow, Nauka, 1980, 430 p.
8. *Biologicheskie osnovy ekologicheskogo normirovaniya* (Biological basis of environmental regulation), V.I. Bashkin, E.V. Evstaf'eva, V.V. Snakin [et al.], Moscow, Nauka, 1993, 304 p.
9. Krasnickij V.M., Shmidt A.G., Cyrk A.F., *Plodorodie*, 2014, No. 4, pp. 36–37. (In Russ.)
10. Krasnickij V.M., Azarenko Yu.A., *Plodorodie*, 2017, No. 5, pp. 28–31. (In Russ.)
11. Noulas C., Tzionvalekas M., Karyotis T., Zinc in soils, water and food crops, *Journal of trace elements in medicine and biology*, 2018, Vol. 49, pp. 252–260.
12. Sadeghzaden B. A review of zinc nutrition and plant breeding, *Journal of soil science and plant nutrition*, 2013, No. 13 (4), pp. 905–927.
13. Kabata-Pendias A., Pendias H., *Mikroelementy v pochvah i rasteniyah* (Trace elements in soils and plants), Moscow, Mir, 1989, 439 p.
14. Vinogradov A.P. *Geohimiya*, 1962, No. 7, pp. 555–571. (In Russ.)
15. Syso A.I. *Zakonomernosti rasprostraneniya himicheskikh elementov v pochvoobrazuyushchih gornykh porodakh i pochvah Zapadnoj Sibiri* (Patterns of distribution of chemical elements in soil-forming rocks and soils of Western Siberia), Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2007, 277 p.
16. Gaevaya E.V., Zaharova E.V., Skipin L.N. *Tyazhelye metally v produktah pitaniya Tyumenskoj oblasti* (Heavy metals in foodstuffs in the Tyumen region), Tyumen', 2013, 146 p.



ДОСТИЖЕНИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ

PROGRESS VETERINARY SCIENCE AND PRACTICES

УДК 636.4:616.98:578.833.31

DOI:10.31677/2311-0651-2022-35-1-66-81

О МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЗООТИЧНЫХ (ЭНДЕМИЧНЫХ) ЗОН ПО АФРИКАНСКОЙ ЧУМЕ СВИНЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

¹**В.М. Авилов**, доктор ветеринарных наук, член-корреспондент РАН

¹**В.В. Сочнев**, доктор ветеринарных наук, член-корреспондент РАН

²**А.А. Гусев**, доктор ветеринарных наук, член-корреспондент РАН

¹*Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия*

²*Покровский завод биопрепаратов*

E-mail: zolotovo_41@rambler.ru

Ключевые слова: африканская чума свиней, мониторинг эпизоотической ситуации, механизм формирования энзоотичных (эндемичных) зон.

Реферат. Основное неблагополучие по африканской чуме свиней на территории Российской Федерации определяют сформировавшиеся энзоотичные зоны и частично выносные случаи болезни на территории субъектов внеэнзоотичных зон. В данной статье на основании анализа эпизоотической обстановки в 2007 – 2020 гг. высказано мнение о механизме формирования энзоотичных зон по африканской чуме свиней, а также по установлению зон при появлении болезни с целью введения ограничительных и запретительных мер. Определена позиция по роли диких кабанов в формировании энзоотичных зон и распространении инфекции. Представление о механизме формирования энзоотичных зон – основа для разработки эффективных мер по искоренению африканской чумы свиней на территории России.

THE MECHANISM OF FORMATION OF ENZOOTIC (ENDEMIC) ZONES FOR AFRICAN SWINE FEVER IN RUSSIA

¹**V.M. Avilov**, Doctor of Veterinary Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences

¹**V.V. Sochnev**, Doctor of Veterinary Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences

²**A.A. Gusev**, Doctor of Veterinary Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences

¹*Nizhny Novgorod State Agricultural Academy*

²*JSC Pokrov Plant of Bioprerations*

Key words: *African swine fever, monitoring of the epizootic situation, the mechanism of formation of enzootic (endemic) zones.*

Abstract. Specialists determine the central unfavourable situation of African swine fever in Russia according to established enzootic zones and partially exported cases of the disease in the territory of non-enzootic zones. In this article, based on an analysis of the epizootic situation from 2007 to 2020, an opinion on the formation mechanism of enzootic zones of African swine fever is given. It also presents the tool of identifying zones when the disease appears to introduce restrictive and prohibitive measures. The role of wild boar in the formation of enzootic zones and the spread of infection is defined. Understanding the mechanism of formation of enzootic zones is the basis for the development of effective measures to eradicate African swine fever in Russia.

Российская Федерация неблагополучна по заболеванию африканской чумой свиней (АЧС) с ноября 2007 г. Несмотря на принимаемые меры, заболевание имеет тенденцию к ежегодному распространению. За 2007 – 2020 гг. в России зарегистрировано 1840 очагов этой болезни, в том числе 1077 среди домашних свиней и 737 среди диких кабанов.

Если за первые четыре года (2007 – 2011 гг.) в 22 субъектах Российской Федерации было выявлено 212 неблагополучных пунктов, то только в одном 2020 г. болезнь регистрировалась в 30 субъектах в 284 очагах.

Рост заболеваемости определяют формирующиеся энзоотичные зоны по АЧС и частично занос болезни в регионы, не имеющие границ с территориями энзоотичных зон. Если причины заноса инфекции, как правило, известны специалистам, то механизм формирования энзоотичных зон до настоящего времени вызывает дебаты специалистов и учёных.

В тоже время только знание этого механизма позволит разработать меры по своевременному недопущению формирования энзоотичных зон.

На наш взгляд, в России представилась уникальная возможность в естественных условиях изучить этапы формирования энзоотичной зоны в регионе Северного Кавказа. На этой территории компактно расположены: Чеченская Республика, Республика Ингушетия, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Дагестан, Республика Северная Осетия-Алания, Карачаево-Черкесская Республика, Республика Адыгея, народы которых, за исключением Республики Северная Осетия-Алания, исповедуют исламскую религию, запрещающую употребление свинины. По сообщению управления ветеринарии (А. Дукаев), в Чеченской Республике свинопоголовье содержится в местах дислокации подразделений объединенной группировки войск пограничных отрядов, а в частных подворьях выращиванием свиней не занимаются. В этой зоне только в Республике Северная Осетия-Алания население, исповедующее православную религию, занимается свиноводством.

Начало формирования энзоотичной зоны АЧС связано с появлением в ноябре 2007 г. болезни среди популяции диких кабанов в Чеченской Республике и последующим её распространением в субъектах Северо-Кавказского региона (табл. 1).

Распространение АЧС среди диких кабанов и домашних свиней в республиках Северного Кавказа в 2007-2009 гг.

Наименование субъекта Российской Федерации	Количество выявленных неблагополучных пунктов					
	2007 г.		2008 г.		2009 г.	
	Дикие кабаны	Домашние свиньи	Дикие кабаны	Домашние свиньи	Дикие кабаны	Домашние свиньи
Чеченская Республика	1	-	3	-	8	-
Республика Ингушетия	-	-	1	-	-	-
Кабардино-Балкарская Республика	-	-	1	-	1	-
Республика Дагестан	-	-	-	-	2	1
Республика Адыгея	-	-	-	-	1	-
Республика Северная Осетия-Алания	-	-	3	29	-	2

Эти данные свидетельствуют о следующем:

– заболевание АЧС в популяции диких кабанов может в короткий срок распространиться на большой территории смежных субъектов, при этом домашние свиньи в этом процессе участия не принимают;

– первый случай заболевания АЧС домашних свиней зарегистрирован в Республике Северная Осетия-Алания. На момент появления болезни среди домашних свиней на территории России АЧС регистрировалась только среди диких кабанов в республиках Северного Кавказа, в том числе в Республике Северная Осетия-Алания, так что вероятный переход возбудителя АЧС из дикой фауны в популяцию домашних свиней практические неоспорим.

Отдельными учеными усиленно обсуждается факт появления в 2008 г. в Ставропольском и Краснодарском краях АЧС среди домашних свиней в период, когда, согласно официальной отчётности, болезнь среди диких кабанов не регистрировалась. Следует обратить внимание этих ученых на следующие факты:

– на момент появления неблагополучных очагов в указанных регионах заболевание АЧС среди домашних животных имело место только в Республике Северная Осетия-Алания, при этом контактов между существующими и возникшими очагами специалистами не установлено;

– при появлении АЧС на территории России всё внимание специалистов было направлено на диагностику и ликвидацию АЧС среди домашних животных, методики мониторинга среди диких кабанов не было, и он практически не проводился, имевшимся случаям гибели диких кабанов не придавалось значение, не все случаи находили отражение в официальной отчётности.

В отчете информационно-аналитического центра Россельхознадзора за 2008 г. в пояснительной записке о распространении АЧС указывается, что в 2008 г. в Ставропольском крае АЧС зарегистрирована и в популяции диких кабанов, и среди домашних свиней. Однако в официальной отчётности информация о заболевании диких кабанов не нашла отражения.

На отсутствие мониторинговых исследований и недостоверную отчётность указывают О.Н. Петрова с соавторами: «“псевдоботагополучная зона” сформировалась в регионе Северо-Кавказского федерального округа, где нет сообщений о заболевании. Однако нет никаких оснований считать, что эти регионы свободны от АЧС, так как мониторинговых исследований не проводилось» [1].

Следовательно, для объективной оценки требуются дополнительные расследования о сроках появления АЧС в популяции диких кабанов.

В период формирования этой энзоотичной зоны зарегистрированы два случая выносного распространения болезни: в 2008 г. в Оренбургскую и в 2009 г. в Ленинградскую области.

Таким образом, при формировании южной энзоотичной зоны четко прослеживаются три последовательных этапа (рисунок).

1-й этап
Появление в одном из субъектов благополучной по АЧС зоны болезни среди диких кабанов и быстрое её распространение на обширной территории смежных субъектов без участия в этом процессе домашних свиней
2-й этап
На фоне распространения АЧС среди диких кабанов в эпизоотический процесс вовлекаются домашние свиньи
3-й этап
Вынос возбудителя АЧС из очагов среди домашних свиней как внутри энзоотичных зон, так и на территории «внензоотичных» зон по причине человеческого фактора (несвоевременная диагностика, нарушение карантинных мероприятий, бесконтрольное перемещение животных и продукции и т.д.).
Вынос возбудителя инфекции представляет опасность как для домашних свиней, так и для диких кабанов

Этапы формирования южной энзоотичной зоны по АЧС

О роли диких кабанов в формировании энзоотичных зон можно косвенно судить по характеру эпизоотического проявления болезни на территориях «внензоотичных зон» с заносным источником заболевания (табл. 2).

Таблица 2
Количество выносных очагов АЧС на территории России в 2008 – 2017 гг. у домашних свиней/диких кабанов

Субъект РФ	2008, 2009 гг.	2011 г.	2016 г.	2017 г.
1	2	3	4	5
Оренбургская область	1/0	1/0		
Ленинградская область	1/0	1/0		
Архангельская область		2/0		
Мурманская область		1/0		
Республика Карелия		1/0		
Республика Татарстан			1/0	
Пензенская область			5/0	
Вологодская область			7/0	
Красноярский край				1/0

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
Челябинская область				1/0
Тюменская область				1/0
Ямало-Ненецкий АО				1/0
Иркутская область				1/0
Омская область				29/0

Примечание. Вынос возбудителя АЧС в Тверскую область рассмотрен ниже.

Эти данные свидетельствуют, что ни в одном из этих субъектов Российской Федерации, имеющем на своей территории популяцию диких кабанов, не произошло их заражение, а очаги АЧС среди домашних животных не стали причиной формирования энзоотичных зон.

В то же время занос в 2017 г. АЧС в популяцию диких кабанов Калининградской области вызвал широкое распространение болезни среди домашних свиней и диких кабанов. В течение 2018 г. было зарегистрировано 56 очагов, в том числе 22 среди домашних свиней.

Основными параметрами, характеризующими энзоотичные зоны, являются следующие:

– пусковым механизмом (катализатором) для формирования энзоотичных зон являются заболевание и быстрое распространение АЧС среди диких кабанов с последующим вовлечением в этот процесс домашних животных;

– в субъектах энзоотичной зоны, как правило, устанавливается стационарное неблагополучие по болезни среди диких кабанов;

– на фоне стационарного неблагополучия по АЧС среди диких кабанов эффективность мероприятий по ликвидации этой болезни остаётся на низком уровне, и неблагополучие субъектов сохраняется более 10 лет.

Распространение АЧС среди диких кабанов в южной энзоотичной зоне показано в табл. 3.

Таблица 3

Распространение АЧС среди диких кабанов в южной энзоотичной зоне

Субъект Российской Федерации	Год регистрации болезни
Краснодарский край	2009, 2010, 2012, 2013, 2015, 2016, 2019, 2020
Ростовская область	2009, 2010, 2011, 2013, 2014, 2021
Республика Адыгея	2009, 2010, 2011, 2019, 2020
Кабардино-Балкарская Республика	2008, 2009, 2015, 2016, 2019
Чеченская Республика	2007, 2008, 2009

Периодически граница энзоотичной зоны имеет тенденцию к расширению границ за счёт включения в неё соседних субъектов: Воронежская, Волгоградская, Астраханская области, Республика Калмыкия (табл. 4).

Таблица 4

Количество неблагополучных пунктов по АЧС у домашних свиней/диких кабанов в субъектах энзоотичных зон

Субъект РФ	2009 г.	2010 г.	2019 г.	2020 г.
	1	2	3	4
Кабардино-Балкарская Республика	0/1	-	0/1	-
Ростовская область	20/1	25/6	1/0	1/0

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
Ставропольский край	7/2	1/0	1/0	2/0
Краснодарский край	1/4	10/8	0/1	1/1
Республика Калмыкия	3/0	1/0	-	0/1
Республика Адыгея	0/1	1/3	0/1	1/1
Воронежская область	-	1/0	-	4/1
Волгоградская область	-	7/0	10/2	3/1
Астраханская область	-	11/1	-	0/1

В период с 2011 по 2013 г. на территории Центрального федерального округа сформировалась вторая энзоотичная зона АЧС (табл. 5). Источником её формирования послужил занос возбудителя АЧС на территорию Тверской области в популяцию домашних свиней и диких кабанов в конце мая – июне 2011 г.

Таблица 5

Распространение АЧС среди диких кабанов и домашних свиней в субъектах Российской Федерации в 2012-2014 гг. и дата выявления первого случая заболевания (неблагополучные пункты)

Субъект РФ	2012 г.		2013 г.		2014 г.		Дата заболевания	
	Дикие кабаны	Домашние свиньи	Дикие кабаны	Домашние свиньи	Дикие кабаны	Домашние свиньи	Дикие кабаны	Домашние свиньи
Тверская область	35	20	12	4	1	-	Июнь 2011	Май 2011
Московская область	1	-	17	10	4	1	Ноябрь 2012	Июль 2013
Тульская область	2	-	11	2	7	3	Май 2012	Август 2013
Новгородская область	5	-	-	-	2	-	Май 2012	Май 2016
Ярославская область	-	-	11	4	-	-	Январь 2013	Июль 2013
Владимирская область	-	-	2	-	-	-	Август 2012	Сентябрь 2015
Смоленская область	-	-	56	5	5	5	Июнь 2013	Июль 2013
Брянская область	-	-	-	-	4	1	Январь 2014	Февраль 2014

В последующие годы граница этой энзоотичной зоны расширена за счёт включения в неё Калужской, Рязанской, Псковской областей. Из существовавших энзоотичных зон осуществлён вынос возбудителя АЧС в 16 субъектов внеэнзоотичной зоны.

Представленные в табл. 1 и 5 данные свидетельствуют, что формирование энзоотичных зон на территориях Северного Кавказа и Центрального федерального округа шло идентично и осуществлялось поэтапно.

На первом этапе появившееся заболевание АЧС среди диких кабанов в Тверской области в течение 3 лет без участия в этом процессе домашних свиней распространялось на территории граничащих и смежных областей. О быстром распространении болезни среди диких кабанов на больших территориях пишут В.В. Макаров с соавторами: «Судя по интенсивности регистрации АЧС среди диких кабанов (локализация, хронология, последовательность вспышек) можно предположить, что в этом секторе ЦФО сформировался природный очаг инфекции с реальными типо- и топологическими характеристиками с паразитарной системой "дикие кабаны + вирус АЧС" замкнутого, двучленного, простого типа. Именно отсюда заболеваемость кабанов в 2012 и 2013 гг., уже не заносная, а индigenная, иррадиировала во все стороны, особенно в западном и северо-западном направлениях (Смоленская, Псковская, Новгородская, а также Ярославская, Московская, Владимирская области) и превысила таковую домашних свиней. В 2013 – 2014 гг. заболеваемость кабанов сместилась на юго-запад ЦФО (Брянская, Орловская, Калужская, Тульская области) и далее за пределы страны (Белоруссия, Польша, Прибалтика)» [2].

На втором этапе практически во всех субъектах на фоне распространения АЧС среди диких кабанов в разные сроки болезнь переместилась в популяцию домашних свиней (см. табл. 5).

На следующем этапе важную роль в распространении болезни сыграл вынос ее возбудителя из неблагополучных очагов домашних свиней по причине «человеческого фактора» – несвоевременная диагностика, нарушение карантинных правил, бесконтрольное перемещение животных и продуктов, неудовлетворительная биологическая защита ферм, несанкционированные свалки и захоронение трупов и т.д. (Тверская, Московская, Смоленская, Псковская области).

По нашему мнению, в настоящее время в России по аналогичной схеме идет формирование новых энзоотичных зон на территориях Поволжья и Дальнего Востока (табл. 6, 7).

Таблица 6

Распространение и дата появления очагов АЧС среди диких кабанов и домашних свиней в отдельных субъектах Поволжской зоны

Субъект РФ	2019 г.		2020 г.		Дата первого выявления заболевания	
	Дикие кабаны	Домашние свиньи	Дикие кабаны	Домашние свиньи	Дикие кабаны	Домашние свиньи
Нижегородская область	6	4	9	4	Август 2017	Август 2017
Ульяновская область	2	2	1	-	Июнь 2019	Июль 2019
Чувашская Республика	-	-	1	-	Август 2016	Август 2016
Самарская область	-	-	40	41	Январь 2020	Февраль 2020
Республика Татарстан	-	-	3	0	Декабрь 2020	2021 г.
Оренбургская область	6	4	9	4	Ноябрь 2020	н/д

Таблица 7

Распространение и дата появления очагов АЧС среди диких кабанов и домашних свиней в субъектах Дальневосточной зоны

Субъект РФ	2019 г.		2020 г.		Дата первого выявления заболевания	
	Дикие кабаны	Домашние свиньи	Дикие кабаны	Домашние свиньи	Дикие кабаны	Домашние свиньи
Приморский край	9	17	31	39	Август 2019	Июль 2019
Еврейская автономная область	5	9	1	16	Сентябрь 2019	Август 2019
Хабаровский край	1	-	9	22	Декабрь 2019	Август 2020
Амурская область	1	32	5	1	Декабрь 2019	Август 2019
Забайкальский край	-	-	1	2	Июль 2020	Июль 2020

Анализируя сроки появления заболевания в популяции диких кабанов в субъектах Дальневосточной зоны, следует иметь в виду возможную их недостоверность по причине:

- во-первых, низкого обеспечения этого региона кадрами ветеринарных специалистов, вследствие чего не все случаи гибели кабанов находят отражение в ветеринарной отчётности;
- во-вторых, как правило, трупы диких кабанов обнаруживаются значительно позже времени их гибели, и дата заболевания определяется датой проведения лабораторной экспертизы, значительно отодвигая истинную дату на более позднее время.

Не принимая во внимание эти факты, данные о распространении АЧС, представленные в табл. 6 и 7, свидетельствуют, что в большинстве субъектов первоначально заболели дикие кабаны с последующим смещением этой болезни в популяцию домашних свиней, что дает основания утверждать, что на данных территориях формируются энзоотичные зоны со всеми вытекающими последствиями.

В течение 2012 – 2014 гг. АЧС была зарегистрирована в сопредельных с Россией зарубежных странах: Украине, Белоруссии, Польше, Литве, Латвии, Эстонии. Руководителями ветеринарных служб этих стран в Международное эпизоотическое бюро представлены отчеты о заболевании диких кабанов и домашних свиней.

Согласно этим данным, а также публикациям ученых, первые случаи заболевания зарегистрированы среди диких кабанов, и только после некоторого времени болезнь регистрировалась у домашних свиней.

Таким образом, как в России, так и в упомянутых зарубежных странах появление на благополучной территории африканской чумы среди диких кабанов служит пусковым механизмом для распространения болезни в популяции домашних свиней.

Несмотря на многочисленные факты, подтверждающие важную роль диких кабанов в распространении болезни среди домашних свиней и формировании энзоотичных зон по АЧС, ряд ученых игнорируют этот факт, что дает повод природоохранным ведомствам препятствовать осуществлению радикальных мер по ликвидации АЧС в популяции дикого кабана и приводит к низкой эффективности противочумных мероприятий.

На правительственном уровне, различных совещаниях, в публикациях на первый план причин распространения АЧС выносится «человеческий фактор», а роль диких кабанов рассматривается как второстепенная.

Информационно-аналитический центр Россельхознадзора, который является главным центром прогнозирования эпизоотий и оценки эффективности оздоровительных мероприятий, в отчете за 2013 г. пишет: «В 2013 году сформировалась эпи-эндемичная по АЧС зона в Тверской

области: заболевание не ликвидировано в течение трех лет и распространилось на соседние регионы. В отличие от южной эпидзоны, во вторичной эпидзоне вокруг Тверской области (северная эпидзона) существенное эпидзначение приобретают дикие кабаны. Является ли данный факт изменением резервуара инфекции или результатом диагностического смещения – неизвестно».

Такое заключение полностью исключило роль диких кабанов в формировании энзоотичной зоны АЧС в регионе СКФО и поставило под сомнение их участие в формировании энзоотичной зоны в ЦФО.

В информационно-аналитическом обзоре С.Н. Дудников, О.Н. Петрова и др. указывают: «То, что возбудитель африканской чумы свиней был занесён на территорию Российской Федерации дикими кабанами – неоспоримый факт. Однако главенствующая роль этого фактора в дальнейшем распространении заболевания в стране сомнительна.

«...»Дикие кабаны (*Sus scrofa*) не могут быть носителями и распространителями возбудителя, особенно на значительные расстояния, так как АЧС протекает у них в острой форме со 100 %-ным летальным исходом через 5 – 14 дней после заражения, что не позволяет животному преодолевать большие расстояния.

«...»Данные об эпизоотии в дикой фауне не являются полными из-за отсутствия возможности наблюдения за болезнью в популяции диких кабанов. Вероятно, болезнь распространяется шире, чем мы предполагаем. Достоверных, методически правильных мониторинговых исследований распространения заболевания в популяции диких кабанов не проводится ни в одном из регионов эндемичных по АЧС зон» [3].

А.С. Оганесян, М.А. Шибаев, А.К. Караулов и др., отмечая диффузный характер эпизоотии АЧС с выносными случаями на территориях различных стран Евразии, утверждают: «Человеческий фактор, по всей вероятности, остаётся ведущим для территорий стран с развитым свиноводством, как было отмечено по результатам расследований, проводимых надзорными органами в ЕС, и по результатам анализа локальных и выносных вспышек на территории РФ. Вероятными причинами возникновения на новых территориях и локального распространения АЧС являются нелегальные перемещения (торговля свиньями и продуктами свиноводства между зонами риска, неавторизованные осознанные и неосознанные действия в ЛПХ и на свиноводческих предприятиях, высокая вероятность всплеска непрямых контактов домашней и дикой популяции за счёт антропогенного фактора в летний период» [4].

Таким образом, авторы считают, что «человеческий фактор» является ведущим при распространении болезни на новых территориях.

Об отсутствии роли дикого кабана в формировании энзоотичной зоны АЧС в ЦФО пишут Н.С. Бардина, А.В. Варкентин, А.К. Караулов: «Нередко после первого выявления инфекции в регионе продолжали возникать всё новые очаги АЧС, вплоть до признания заражённой территории эндемичной по данному заболеванию. Зачастую к распространению АЧС на ранее благополучных территориях приводит бесконтрольное содержание свиней, несоблюдение ветеринарно-санитарных правил, а также попытки хозяев скрыть заболевание животных, сопровождающиеся стихийными свалками трупов заражённых свиней в местах свободного доступа дикого кабана. Подобные случаи становятся причиной распространения АЧС в таких регионах, как, например, Тверская, Тульская, Московская области и другие субъекты Центрального федерального округа» [5].

О.Н. Петрова, С.А. Дудников и др. среди основных причин распространения АЧС роль дикого кабана даже не упоминают:

«Основные причины распространения АЧС:

– несвоевременное принятие мер по проведению противоэпизоотических мероприятий в неблагополучных пунктах и угрожаемой зоне;

- нелегальные перевозки свиней и продукции свиноводства;
- отсутствие в Российской Федерации национальной системы, обеспечивающей идентификацию и учет животных и продукции животного происхождения;
- неупорядоченность, в смысле обеспечения безопасности деятельности владельцев ЛПХ, мелких свиноводческих ферм, мелких цехах мясопереработки, практически выведенная из-под надзора госветслужбы;
- отсутствие скоординированных действий ветеринарных служб субъектов Российской Федерации и их направленность на обслуживание местных экономических интересов;
- не утверждена новая актуализированная для современных условий инструкция борьбы с АЧС. Имеются иные серьезные причины» [1].

В.В. Макаров А.С. Иголкин и др. при анализе эпизоотической ситуации в субъектах Центрального федерального округа отмечают: «в этом секторе ЦФО сформировался природный очаг инфекции ... заболевание прогрессивно концентрируется среди диких кабанов, этому во многом способствуют климато-географические и социально-экономические особенности зоны с аномально высокой популяционной плотностью этих животных ... значительно расширяющие возможности мониторинга за счёт внедрения в практику эффективных диагностических технологий (ПЦР).

Причины распространения и прогрессирующего преобладания заболеваемости АЧС диких кабанов в «западной» эпизоотической зоне неопределены, прежде всего, потому что конкретные пути и факторы возникновения практически всех вспышек АЧС не подвергаются эпизоотологическому аналитическому исследованию, остаются неизвестными и регистрируются по состоявшемуся факту.

«...>Отсутствие эпизоотической обособленности диких кабанов от домашнего свиноводства, контакты между антропургическим и природным циклами неконтролируемые и непредсказуемые» [2].

Согласно этим выводам, на территории упомянутой зоны сложилась реальная угроза переноса африканской чумы свиней с популяции диких кабанов в популяцию домашних свиней, тем более что на тот момент единственным источником для заболевания домашних свиней были очаги среди диких животных.

Несмотря на это, авторы объясняют появление болезни среди домашних свиней следующими причинами: «На территории Тверской и сопредельных областей сформировалась вторая, после юга, западная зона. Заболеваемость домашних свиней в хозяйствах всех категорий оставалась преимущественно экзогенной, интенсивность эпизоотического процесса имела характер спорадических вспышек без "привязанных" к отдельным инцидентам доказанных эпизодических связей, за счёт непреднамеренного или контрафактного непредсказуемого заноса извне с контаминированными объектами (продукты свиного происхождения, транспорт)» [2].

Однако позже В.В. Макаров подтвердил роль кабанов в распространении этой болезни: «На основании потока зарубежных аналитических публикаций следует, что кабан является единственным резервуаром инфекции. Не являются проблемой и редкие случаи вовлечения в эпизоотический процесс домашних свиней. Трудно представить, чтобы при таком паттерне эпизоотического процесса какую-то роль может сыграть пресловутый человеческий фактор» [6].

Упомянутые в нашей статье публикации, искажающие истинную роль диких кабанов в распространении болезни, дали повод природоохранным ведомствам стать на позиции защиты дикого кабана от радикальных мер ликвидации африканской чумы в этой популяции животных.

На правительственном уровне, различных совещаниях, в средствах массовой информации широко обсуждается вопрос о непрофессиональном решении ветеринарных специалистов в части депопуляции и снижения численности поголовья дикого кабана в неблагополучных регионах.

Глава Минприроды С. Донской заявил: «Основной причиной распространения АЧС в России являются не дикие кабаны, а личные подсобные хозяйства, владельцы которых не сообщают о случаях падежа в надзорные органы. Ключевым направлением работы по профилактике распространения АЧС является усиление работы ветслужбы» (РИА Новости, 03.03.2020).

ФГБУ «Центрохоконтроль» подготовлен информационный обзор «Африканская чума свиней среди диких кабанов». Главный смысл обзора в том, что дикий кабан – жертва, а не источник распространения африканской чумы свиней.

Авторы считают основной причиной стремительного распространения заболевания антропогенный фактор – нарушение санитарных и ветеринарных мер, отсутствие объективного учета поголовья в личных подсобных хозяйствах, межхозяйственные, транспортные связи и, главное, практику скармливания животным не обработанных должным образом пищевых отходов.

Основанием для такого вывода о роли дикого кабана в распространении болезни послужили бездоказательные статьи сотрудников информационно-аналитического центра Россельхознадзора, упомянутые нами выше и личные домыслы авторов обзора.

Так, имеющиеся единичные факты нарушения карантинных мер авторы представляют как массовые: «зарегистрированы факты массовой продажи мяса и мясопродуктов животных, больных и павших от АЧС. Выявлены многочисленные факты скармливания диким животным подкормочных кормов, заражённых АЧС, имеются сведения из неофициальных источников о сбросах с вертолетов зараженной АЧС продукции свиноводства в Волгоградской, Смоленской и других областях».

В связи с публикацией данного обзора на сайте Минприроды и экологии главный редактор National Explorer А. Шалыгин опубликовал статью под названием «АЧС диких кабанов – история диверсий, мошенничества, глупости и преступления», в которой отмечает: «Именно такой общий вывод можно сделать из информационного обзора "Центрохоконтроль". Выводы давно известны, однако Минсельхоз эти постулаты постоянно оспаривает, и по тексту обзора становится понятно, почему он это делает. По сути, Минсельхоз в России действует как официальный экотеррорист. Хотя в принципе это и так было понятно. Ну и как в случае с банками-ворами хочется спросить: а когда начнутся посадки чиновников?»

В приложении к этой статье автор перечислил около двух десятков статей подобного содержания, при этом некоторые с оскорбительными названиями:

«Дуракам закон не писан, или почему Калининград будет отстреливать кабанов вопреки Охотдепартаменту России»;

«Кабаны не знают, куда бежать от Минсельхоза»;

«Кабаны войны – кто в лес, кто по дрова: стрелять нельзя помиловать»;

«Что ни делает дурак – всё он делает не так».

Подобная тактика представителей природоохранных ведомств только подтверждает давно известный принцип: когда нет аргументов, в ход идут угрозы и оскорбления.

К сожалению, до настоящего времени продолжаются публикации подобных статей, исключающие возможность найти согласованное решение о роли диких кабанов, что реально препятствует разработке полноценного комплекса мер по искоренению АЧС на территории России.

А.А. Данилкин продолжает дискуссию о том, что кабан не является ведущим звеном в распространении АЧС в России [7].

На чём основана доказательная база этого тезиса:

1. На чисто теоретических рассуждениях С.А. Дудникова, О.Н. Петровой и др., что «биологические особенности кабанов не позволяют им стать носителями и распространителями возбудителя АЧС на значительные расстояния, а роль кабанов в качестве резервуара не доказана».

Эти выводы не соответствуют фактическому распространению болезни на территории России.

По утверждению О.Н. Петровой, «бесхозяйственность, нарушение правил утилизации трупов, стихийные захоронения трупов павших от АЧС животных обеспечили занос инфекции в дикую фауну, что усугубило и без того неблагополучную эпизоотическую обстановку».

Такие факты могут иметь место на энзоотичных территориях, как правило, с широким распространением болезни среди домашних животных.

Но возникает вопрос: о какой бесхозяйственности, нарушении правил утилизации, несанкционированных захоронениях трупов больных животных идёт речь, если до появления болезни в популяции диких кабанов на территории их обитания не было ни одного очага АЧС среди домашних свиней (республики Северного Кавказа, Московская, Тульская, Владимирская, Смоленская, Брянская, Нижегородская, Ульяновская, Самарская области, Хабаровский и Забайкальский края, республики Чувашия, Татарстан и др.).

Аналогичная обстановка с распространением болезни на территориях стран Прибалтики и других стран Европы. Согласно официальным данным, до заболевания диких кабанов там не было ни одного очага АЧС среди домашних животных, что исключает их роль в переносе возбудителя в дикую фауну.

2. Автор приводит мнение Всемирной организации продовольствия и сельского хозяйства ООН (ФАО) о том, что «в России главным резервуаром вируса является свиноводческий сектор (ЛПХ и небольшие фермы) и что сезонная циркуляция вируса в популяциях диких кабанов является вторичным феноменом, то есть инфекция передаётся в основном от домашних к диким свиньям, а не наоборот». Как правило, подобное мнение складывается из анализа отчётов государственных ветеринарных служб в Международное эпизоотическое бюро, в данном случае – из отчетов информационно-аналитического центра ФГБУ ВНИИЗЖ, в составлении которых принимали участие С.А. Дудников, О.Н. Петрова и др. Надо отметить, что это мнение опубликовано в период, когда в европейских странах не было широкого распространения АЧС среди диких кабанов. Можно предположить, что оно носило чисто политический характер с целью введения возможных экономических санкций для экспорта из России животноводческой продукции.

В то же время автор не приводит мнение авторитетной Постоянной группы экспертов по АЧС в Европе под эгидой GF-TADs, которая на основании фактического материала разработала «Руководство по африканской чуме свиней у диких кабанов и биобезопасности на охоте», в котором высказала прямо противоположное мнение: «Вирус АЧС в популяции дикого кабана в местах его обитания в Северной Европе самоподдерживается без участия домашних свиней и клещей.

«...» Самый недавний этап в эволюции биологического цикла вируса АЧС и его географическое распространение связаны с формированием так называемого цикла «дикий кабан – среда обитания». Эта новая система неуклонно расширяет свой ареал в Европе в значительной степени благодаря исключительной стабильности и устойчивости вируса АЧС в окружающей среде и в трупах животных. Цикл характеризуется постоянным присутствием вируса в поражённых популяциях дикого кабана, что представляет собой реальную угрозу

для сектора свиноводства и управления дикими животными, а также для охотхозяйств. За последние четыре года АЧС стала эндемичной у дикого кабана на значительно больших территориях...»

Такое однобокое освещение автором обсуждаемой проблемы некорректно.

3. Автор утверждает, что руководство Россельхознадзора считает основными причинами распространения АЧС нарушения, связанные с «человеческим фактором». В качестве доказательства приводится выдержка из доклада С.А. Данкверта от 21.10.2010.

В этом докладе проблема распространения АЧС представлена двумя слайдами: один – о путях распространения болезни и второй – о причинах, способствующих её распространению. Автором включено содержание второго слайда, а о первом слайде упоминания нет. Содержание именно первого слайда состояло в том, что в период 2007 – 2010 гг. главный путь распространения АЧС определяли дикие кабаны и несанкционированные перевозки инфицированных животных и продукции свиноводства.

Подобное искажение содержания докладов недопустимо и, по крайней мере, неэтично.

4. Автор высказывает противоречивое мнение о целесообразности отстрела диких кабанов с целью снижения их численности. С одной стороны, он отмечает, что чем интенсивнее охотники регулируют численность диких кабанов, тем быстрее и шире распространяется вирус, и в то же время поддерживает мнение, что кабан не является резервуаром инфекции и не участвует в ее распространении.

В итоге автор делает вывод, что в период эпизоотии численность кабана должна быть минимальной, при этом каким путём это сделать – не предлагает.

По нашему мнению, реально существуют два метода снижения численности популяции кабанов:

– первый – без участия человека сокращать поголовье за счёт естественной гибели, что приведет к массированному инфицированию через трупы павших животных больших территорий обитания кабана с последующим стационарным проявлением на них очагов АЧС в течение длительного времени;

– второй – одновременный организованный отстрел диких кабанов на неблагополучных и соседних территориях, это предотвратит вынос возбудителя и сведет к минимуму инфицирование внешней среды, что позволит в будущем успешно восстановить поголовье кабана.

Безоговорочное право выбора метода снижения численности кабана предоставлено ведомству, на которое государством возложена ответственность по предупреждению и ликвидации массовых болезней на территории страны.

5. Представленный автором анализ эпизоотической обстановки по распространению АЧС бессистемный и напоминает бухгалтерский отчёт с манипуляцией количеством неблагополучных пунктов без указания времени, места и популяций животных, в которых они зарегистрированы.

6. При такой доказательной базе приглашение к дискуссии не имеет смысла, а публикация этой статьи является очередным вбросом для дезинформации общественности о роли дикого кабана в распространении АЧС.

Противостояние между Минсельхозом и Минприроды на протяжении 14 лет негативно сказывается на оздоровительных мероприятиях и разработке полноценного комплекса мер борьбы с АЧС, подкрепленных законодательными актами.

В утвержденных «Ветеринарных правилах осуществления профилактических, диагностических, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов африканской чумы свиней» (далее – Правила) просматривается явная тенденция

защиты дикого кабана от радикальных мер борьбы с АЧС, отсутствие жестких требований по охране территорий охотхозяйств от заноса болезни и оснащению их объектами ветеринарно-санитарного назначения (места разделки туш, утилизации отходов, оборудование для сжигания трупов, условия для обработки одежды и охотничьего снаряжения и т.д.).

Если в эпизоотическом очаге среди домашних свиней всё поголовье, независимо от количества, подлежит уничтожению, то для дикого кабана это требование сформулировано следующим образом: «обеспечить отсутствие на территории эпизоотического очага диких кабанов путем регулировки их численности», т.е. речь идёт не об отсутствии, а о присутствии их в количестве, установленном нормой регулирования.

Важную роль в эффективном проведении мероприятий играет правильное определение территории зон, на которых вводятся ограничительные и запретительные меры. В Правилах эти зоны определены по единым критериям и для домашних свиней, и для диких кабанов:

- эпизоотический очаг – ограниченная территория или помещение, в которых находятся источник возбудителя, факторы передачи возбудителя и (или) свиньи или дикие кабаны;
- угрожаемая зона – территория, прилегающая к эпизоотическому очагу, радиус которой составляет от 5 до 20 км;
- зона наблюдения – территория, прилегающая к угрожаемой зоне, радиус которой составляет от 10 до 100 км.

Для домашних свиней такие критерии определения территории зон могут быть обоснованными, но для диких кабанов, ведущих подвижный образ жизни, перемещаясь по всей территории своего обитания, не обоснованы.

В сложившейся обстановке, когда АЧС диких кабанов в короткий срок распространяется на большие расстояния, вероятно, целесообразно рассмотреть следующие критерии определения территорий зон для диких кабанов:

- эпизоотический очаг – территория охотхозяйств, охотничьих угодий, где установлено заболевание;
- угрожаемая зона – вся территория субъекта Российской Федерации, на которой выявлен эпизоотический очаг;
- зона наблюдения – территории субъектов Российской Федерации, граничащих с территорией субъекта Российской Федерации, неблагополучного по АЧС дикого кабана.

Для каждой зоны необходимо разработать комплекс ограничительных и запретительных мер, предусмотрев в них радикальные меры по недопущению формирования энзоотичных зон АЧС.

Технологии содержания домашних свиней и диких кабанов существенно различаются, а меры борьбы специфичны, целесообразно меры для популяции диких кабанов изложить в Правилах самостоятельным разделом.

Существенным недостатком утвержденных Правил является возложение ответственности за разработку и осуществление мер по борьбе с АЧС на ветеринарную службу субъектов, не имеющую единого органа управления на федеральном уровне.

В результате нет взаимодействия и согласованных мероприятий с соседними регионами, а принимаемые в субъектах программы существенно отличаются по набору мероприятий.

Роль федеральных ветеринарных структур (Департамент ветеринарии Минсельхоза России и Россельхознадзор) сведена к сбору информационного материала (ст. 22 Правил – информация о появлении подозрения на АЧС, ст.30 Правил – информация об установлении болезни, ст.34 Правил – копия постановления о наложении карантина).

Такой организационный уровень борьбы с АЧС и неполноценный комплекс мер по ликвидации болезни в популяции диких кабанов ставит под сомнение искоренение этой болезни на территории России в ближайшее время.

Для объективности необходимо отметить и другую оценку эффективности мер борьбы с АЧС в России.

Так, К.Н. Груздев, А.К. Карапулов, А.С. Иголкин утверждают, что «в Российской Федерации разработан практический комплекс мер по профилактике и ликвидации АЧС, включающий нормативную базу на федеральном, региональном уровнях и работу на местах, доказавший свою эффективность в условиях борьбы с данным заболеванием свиней <...> Опыт борьбы с АЧС в Российской Федерации можно рекомендовать другим неблагополучным по АЧС странам, но с адаптацией его к местному социально-экономическому состоянию» [8].

Можно согласиться, что в стране действительно накоплен опыт ликвидации отдельных очагов АЧС в популяции домашних свиней, но нет опыта разработки и осуществления комплекса системных мер по искоренению этой болезни на территории страны, что подтверждается ежегодным ухудшением эпизоотической обстановки.

Вероятно, такой опыт ещё предстоит нарабатывать и осваивать.

По нашему мнению, в первую очередь необходимо:

- объединить усилия научных учреждений всех ведомств по изучению причин быстрого распространения на значительные расстояния АЧС в популяции дикого кабана и путей переноса возбудителя от дикого кабана в популяцию домашних свиней;
- пересмотреть и расширить ограничительные и запретительные меры для популяции диких кабанов на территориях различных зон, обратив особое внимание на радикальные меры предотвращения формирования энзоотичных зон по АЧС;
- восстановить государственную ветеринарную службу на всех уровнях административного деления (район, субъект Российской Федерации, Российская Федерация) с единым органом управления в составе центрального аппарата Минсельхоза России с возложением на него ответственность за состояние ветеринарного дела в стране, в том числе за недопущение и ликвидацию массовых болезней животных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Африканская чума свиней в Российской Федерации в 2011 г.* / О.Н. Петрова, С.А. Дудников [и др.]; Федеральный центр охраны здоровья животных. – 2012. – С. 6.
2. *О некоторых моментах текущей эпизоотологии африканской чумы свиней* / В.В. Макаров, А.С. Иголкин [и др.] // Вестник охотоведения. – 2015. – Т. 12, № 1. – С. 61–65.
3. *Африканская чума свиней в популяции диких кабанов в Российской Федерации (2007–2012 гг.)* / С.А. Дудников, О.Н. Петрова [и др.]. – Владимир, 2013.
4. *Эпизоотия африканской чумы свиней 2007–2017 гг.* / А.С. Оганесян, М.А. Шибаев [и др.] // Ветеринария сегодня. – 2018. – № 2. – С. 24.
5. *Бардина Н.С., Варкентин А.В., Карапулов А.К.* Обзор эпизоотической ситуации по некоторым инфекционным болезням животных в Российской Федерации в 2018 г. // Ветеринария сегодня. – 2019. – № 3. – С. 46.
6. *Макаров В.В.* О роли кабанов в эпизоотологии африканской чумы свиней в Российской Федерации // Вестник охотоведения. – 2020. – Т. 17, № 4. – С. 302.
7. *Данилкин А.А.* О роли кабана и человека в эпизоотии африканской чумы свиней в Российской Федерации // Вестник охотоведения. – 2021. – Т.18, № 1. – С. 54–61.
8. *Груздев К.Н., Карапулов А.К., Иголкин А.С.* Опыт борьбы с африканской чумой свиней в Российской Федерации и его значение для других стран // Ветеринария сегодня. – 2020. – № 1. – С. 43.
9. *Об утверждении* Ветеринарных правил осуществления профилактических, диагностических, ограничительных и иных мероприятий, установления и отмены карантина и

иных ограничений, направленных на предотвращение распространения и ликвидацию очагов африканской чумы свиней; Приказ Минсельхоза России от 28.01.2021 № 37 зарег. в Минюсте России 29.01.2021, рег. № 62282.

REFERENCES

1. Petrova O.N., Dudnikov S.A., Dudorova M.V., *Afrikanskaya chuma svinej v Rossijskoj Federacii v 2011 g.* (African swine fever in the Russian Federation in 2011), 2012, p. 6.
2. Makarov V.V., Igolkin A.S., Boev B.V., Suharev O.I., Rozhkov Yu.I., Varnakov A.P., Pronyaev A.V., *Vestnik ohotovedeniya*, 2015, Vol. 12, No. 1, pp. 61-65. (In Russ.)
3. Dudnikov S.A., Bardina N.S., Petrova O.N., Savvin A.V., Korennoj F.I., *Afrikanskaya chuma svinej v populyacii dikh kabanov v Rossijskoj Federacii*, (African swine fever in the wild boar population in the Russian Federation (2007-2012)), Vladimir, 2013.
4. Oganesyan A.S., Shibaev M.A., Baskakova N.E., Korennoj F.I., Karaulov A.K., *Veterinariya segodnya*, 2018, No. 2, pp. 24. (In Russ.)
5. Bardina N.S., Varkentin A.V., Karaulov A.K., *Veterinariya segodnya*, 2019, No. 3, pp. 46. (In Russ.)
6. Makarov V.V. *Vestnik ohotovedeniya*, 2020, Vol. 17, No. 4, pp. 302. (In Russ.)
7. Danilkin A.A. *Vestnik ohotovedeniya*, 2021, Vol. 18, No. 1, pp. 54-61. (In Russ.)
8. Gruzdev K.N., Karaulov A.K., Igolkin A.S., *Veterinariya segodnya*, 2020, No. 1, pp. 43. (In Russ.)
9. On approval of Veterinary rules for the implementation of preventive, diagnostic, restrictive and other measures, the establishment and cancellation of quarantine and other restrictions aimed at preventing the spread and elimination of foci of African swine fever: Order of the Ministry of Agriculture of Russia of 28.01.2021 No. 37 2021, January 29, No. 62282.

ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИЙ *BACILLUS* spp. F ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ДИСБАКТЕРИОЗА У ТЕЛЯТ

А.С. Локтева, аспирант
В.И. Плешакова, доктор ветеринарных наук, профессор

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина

E-mail: as.konischeva36.06.01@omgau.org

Ключевые слова: *Bacillus* spp. F, телята, энтеробиоценоз, условно-патогенные бактерии, дисбактериоз.

Реферат. Заболевания новорожденных телят кишечными инфекциями занимают одну из ведущих позиций в инфекционной патологии бактериальной этиологии и могут составлять до 80 % от всех видов патологии молодняка. Основной причиной гибели телят являются эндогенные инфекции, обусловленные условно-патогенной микрофлорой. Отечественными учеными доказана антагонистическая активность бактерий *Bacillus* spp. F (штаммов ТНП-3 и ТНП-5) к сальмонеллам, стрептококкам, лептосирам, микобактериям туберкулеза в опытах *in vitro*, энтерококкам и кампилобактериям. Таким образом, встает необходимость изучения влияния *Bacillus* spp. F на энтеробиоценоз телят с целью профилактики дисбактериоза. Эксперимент проводили на новорожденных телятах с диарейным симптомокомплексом в хозяйствах Омской области, из которых сформировали опытную и контрольную группы. Телятам опытной группы ($n = 6$) с молоком выпаивали суспензию, содержащую *Bacillus* spp. F в концентрации $0,5 \cdot 10^9$ м.т/мл, животные контрольной группы ($n = 5$) находились на обычном рационе. Изучена микрофлора пищеварительной системы телят в начале и в конце эксперимента. В процессе работы использовали классические и современные методы лабораторной диагностики заболеваний желудочно-кишечного тракта молодняка крупного рогатого скота, вызванных условно-патогенными микроорганизмами. Изучен состав микрофлоры, культуральные, морфологические и биохимические свойства выделенных культур, а также их устойчивость к антибактериальным препаратам. Энтеробиоценоз телят представлен бифидо- и лактобактериями, непатогенными и энтеропатогенными серотипами *E. coli*, а также такими бактериями, как *Enterococcus* spp., *Staphylococcus* spp., *Proteus* spp., *Citrobacter* spp., *Enterobacter* spp., *Providencia* spp. и *Klebsiella* spp. Выявлена чувствительность большинства выделенных культур к ципрофлоксацину, пефлоксацину, левофлоксацину и фосфомицину. У телят опытной группы после выпаивания суспензии, содержащей *Bacillus* spp. F, наблюдали увеличение концентрации нормофлоры, значительное снижение количества условно-патогенных бактерий.

THE USE OF BACILLUS spp. F FOR THE TREATMENT OF DYSBACTERIOSIS IN CALVES

A.S. Lokteva, Postgraduate Student
V.I. Pleshakova, Doctor of Veterinary Sciences, Professor
Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin

Key words: *Bacillus spp. F, calves, enterobiocenosis, opportunistic pathogenic bacteria, disbacteriosis.*

Abstract. Diseases of newborn calves by intestinal infections occupy one of the leading positions in the infectious pathology of bacterial etiology and can account for up to 80% of all types of pathology in young calves. The main cause of calf mortality is endogenous infections caused by opportunistic pathogenic microflora. Domestic scientists have proved the antagonistic activity of the bacteria *Bacillus spp. F* (TNP-3 and TNP-5 strains) to *Salmonella*, *Streptococcus*, *Leptospira*, *Mycobacterium tuberculosis* in *in vitro* experiments, *Enterococcus* and *Campylobacter*. Thus, it is necessary to study the effect of *Bacillus spp. F* on the enterobiocenosis of calves in order to prevent dysbacteriosis. The authors conducted an experiment on newborn calves with diarrhoeal symptoms in farms of the Omsk region, from which experimental and control groups were formed. Calves of the experimental group ($n = 6$) were given a suspension containing *Bacillus spp. F* at a concentration of 0.5×10^9 m.t/ml, while the control animals ($n = 5$) were fed the usual diet. The authors also studied the microflora of the calf digestive system at the beginning and end of the experiment. The authors used classical and modern methods of laboratory diagnosis of gastrointestinal diseases of young cattle caused by opportunistic pathogens. The composition of microflora, cultural, morphological and biochemical properties of the isolated cultures, as well as their resistance to antibacterial drugs have been studied. Enterobiocenosis of calves is represented by bifidobacteria and lactobacilli, nonpathogenic and enteropathogenic serotypes of *E. coli*, as well as such bacteria as *Enterococcus spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Proteus spp.*, *Citrobacter spp.*, *Enterobacter spp.*, *Providencia spp.* and *Klebsiella spp.* Sensitivity of most of the isolated cultures to ciprofloxacin, pefloxacin, levofloxacin and phosphomycin was detected. In calves of the experimental group after drinking a suspension containing *Bacillus spp. F*, an increase in the concentration of normoflora and a significant reduction in the number of opportunistic bacteria were observed.

Одной из современных проблем ветеринарной медицины в патологии молодняка сельскохозяйственных животных являются кишечные инфекции, обусловленные в значительной мере нарушениями микроэндоэкологии организма, а именно иммунодефицитным состоянием и дисбактериозами, приводящими к эндогенным бактериальным инфекциям [1, 2].

Заболевания желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) у молодняка крупного рогатого скота зачастую сопровождаются серьезными экономическими потерями, что обусловлено падежом (недополучением ремонтного молодняка), снижением среднесуточных приростов, расходами на лечение. Энтеробиоценоз телят подвержен ряду неблагоприятных экзогенных и эндогенных факторов, которые влекут за собой усиление патогенных свойств условно-патогенных бактерий кишечника. Заболевания пищеварительной системы, вызываемые условно-патогенными энтеробактериями (УПЭ), обычно проявляются в первые 5–10 дней жизни телят [3, 4].

Значительная часть облигатной микрофлоры толстого кишечника животных представлена бифидобактериями и лактобактериями, их численность составляет 10^6 – 10^7 микробных клеток в 1 г фекалий и выше. Сопутствующую (факультативную) микрофлору составляют аэробные и факультативно-анаэробные бактерии (энтеробактерии, энтерококки, стрептококки). Непатогенные эшерихии в норме составляют 10^6 – 10^7 клеток в 1 г фекалий, энтерококки и стафилококки – до 10^3 . Допустимая концентрация УПЭ в 1 г фекалий телят не должна превышать 10^2 – 10^3 микробных клеток. Патогенные микроорганизмы (энтеропатогенная *E. coli*, *Salmonella spp.*, *Yersinia spp.* и др.) не должны обнаруживаться в кишечнике животных [5].

Поэтому в настоящее время актуальной проблемой ветеринарной науки и практики остается изучение роли микрофлоры желудочно-кишечного тракта в патологии животных и разработка средств профилактики кишечных заболеваний на фоне развития дисбактериозов. Экология, биологические свойства, бактериальное разнообразие кишечной микробиоты телят и ее антибиотикорезистентность являются предметом многочисленных исследований [6–9].

В последние десятилетия разработаны пробиотические препараты на основе биологически активных уникальных природных бактерий *Bacillus* spp. F (от future – будущее), выделенных из мерзлотных почв Мамонтовой горы в Якутии. Данные бактерии обладают широким спектром антагонистического действия против многих условно-патогенных и патогенных микроорганизмов. Преимущества штаммов *Bacillus* spp. F обусловлены тем, что эти бактерии сохраняют активность как при низких, так и высоких температурах, а также активны в кислых и щелочных средах. Разработан целый ряд пробиотиков на основе бактерий *Bacillus* spp. F, применяемых в сельском хозяйстве (скотоводстве, свиноводстве, табунном коневодстве, оленеводстве, звероводстве, птицеводстве) для профилактики и лечения болезней органов пищеварения, дыхания, воспроизводства, микотоксикозов [10, 11]. Таким образом, возникает необходимость изучения влияния *Bacillus* spp. F на микробиоценоз кишечника новорожденных телят.

Цель исследования – изучить энтеробиоценоз телят при диарейном симптомокомплексе и возможность его коррекции с использованием бактерии *Bacillus* spp. F.

Исследования проводили в хозяйствах Омской области и в отделе особо опасных инфекций БУ «Омская областная ветеринарная лаборатория». Объектом исследования служили пробы фекалий от телят с желудочно-кишечной патологией, вызванной условно-патогенной микрофлорой.

Были сформированы опытная и контрольная группы телят. Отобраны животные с диарейным симптомокомплексом, одинаковые по породности, живой массе, возрастной группе (2–10 дней). Условия содержания и кормления были идентичны. Животным опытной группы ($n = 6$) выпаивали бактериальную супензию, содержащую *Bacillus* spp. F, в концентрации $0,5 \cdot 10^9$ м.т/мл. Телятам контрольной группы ($n = 5$) супензию не выпаивали.

Определение видового состава микрофлоры толстого кишечника осуществляли согласно методическим рекомендациям «Методы бактериологического исследования условно-патогенных микроорганизмов в клинической микробиологии» от 19 декабря 1991г. Для количественного подсчета пробы фекалий разводили физиологическим раствором в соотношении 1 : 10, затем готовили ряд последовательных разведений от 10^{-1} до 10^{-9} .

Идентификацию выделенных культур микроорганизмов проводили классическими и современными микробиологическими методами. Для ускоренной идентификации энтеробактерий применяли тест-систему RapID ONE. Серологическую идентификацию культур *E. coli* осуществляли с использованием диагностических сывороток в соответствии с рекомендациями «Наставления по применению агглютинирующих О-коли сывороток» от 16 июня 1980 г.

Чувствительность микроорганизмов к антибактериальным препаратам определяли путем посева на среду АГВ с помощью диско-диффузионного метода (ДММ) в соответствии с МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам».

Патогенность выделенных культур микроорганизмов определяли проявлением гемолитической активности на кровяном агаре и постановкой биопробы на лабораторных в животных, которым внутрибрюшинно вводили бактериальную супензию в дозе 0,5 мл, в концентрации $0,5 \cdot 10^9$ м.т/мл. Контрольным животным вводили 0,5 мл стерильного 0,9 %-го физиологического раствора. Срок наблюдения за животными – 5 суток.

Телятам опытной группы выпаивали суспензию, содержащую *Bacillus* spp. F, по схеме, представленной в табл. 1. Телята контрольной группы находились на обычном рационе. Продолжительность эксперимента составила 10 дней. По окончании опыта были отобраны пробы фекалий у телят из обеих групп и изучен видовой и количественный состав микрофлоры.

Таблица 1

Схема применения бактериальной суспензии, содержащей *Bacillus* spp. F, для профилактики дисбактериоза телят

Группа телят	Препарат	Дозы и метод введения
Опытная (n = 6)	Бактериальная суспензия, содержащая <i>Bacillus</i> spp. F (0,5·10 ⁹ м.т/мл)	Молоко + двукратно (утро, вечер) в дозе 20 мл <i>Bacillus</i> spp. F
Контрольная (n = 5)	—	Молоко

При исследовании кишечной флоры у телят опытной и контрольной групп определен видовой и количественный состав микроорганизмов, представленный бифидобактериями, лактобактериями, непатогенными эшерихиями и другими энтеробактериями, стафилококками и энтерококками. В табл. 2 представлена микрофлора ЖКТ телят опытной группы до и после 10 дней выпаивания суспензии, содержащей *Bacillus* spp. F.

Таблица 2

Видовая и количественная характеристика состава кишечной микрофлоры телят (опытная группа) до и после применения бактериальной суспензии, КОЕ/г

Номер теленка	<i>Bifidobacterium</i> spp.		<i>Lactobacillus</i> spp.		<i>E. coli</i>		<i>Enterococcus</i> spp.		<i>Staphylococcus</i> spp.		<i>Proteus</i> spp.	
	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после
1	10 ⁵	10 ⁸	10 ⁴	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁷	10 ⁴	10 ²	10 ⁴	10 ³	10 ⁵	-
2	10 ⁵	10 ⁷	10 ⁴	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁶	-	-	10 ²	10 ²	10 ⁵	-
3	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁴	10 ⁶	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁴	10 ³	10 ³	-	10 ⁵	10 ³
4	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁵	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁵	10 ⁴	10 ³	10 ³	10 ³	10 ⁶	10 ³
5	10 ⁵	10 ⁸	10 ⁴	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁷	-	-	10 ³	10 ³	10 ⁵	-
6	10 ⁶	10 ⁸	10 ⁴	10 ⁷	10 ⁶	10 ⁶	-	-	-	-	10 ⁵	-

Концентрация *Bifidobacterium* spp. до выпаивания суспензии составила 10⁵–10⁶ КОЕ/г, что ниже нормы. В конце эксперимента этот показатель вырос до 10⁷–10⁸ КОЕ/г. *Lactobacillus* spp. выделили в количестве 10⁴–10⁵ КОЕ/г, спустя 10 дней концентрация этих бактерий составила 10⁶–10⁷ КОЕ/г. Содержание непатогенной *E. coli* превышает норму у трех телят (50 %) – 10⁸ КОЕ/г.

Наблюдали увеличенную концентрацию условно-патогенной микрофлоры. Показатель *Enterococcus* spp. превышает норму у трех животных (50 %) и составляет 10⁴ КОЕ/г, такую же концентрацию *Staphylococcus* spp. обнаружили у одного теленка (16,6 %). После лечения концентрация энтерококков и стафилококков сократилась до нормы (10²–10³ КОЕ/г), а у теленка № 3 стафилококк не был выделен. Энтеропатогенные серотипы *E. coli* O33 выделили у трех животных (50 %), *E. coli* O2 – у двух (33,3 %), причем у одного из телят эти две эшерихии обнаружили в ассоциации. После выпаивания суспензии данные культуры *E. coli* не были выделены. У всех животных (100%) выделили культуры микроорганизмов рода *Proteus*, их количество составило 10⁵–10⁶ КОЕ/г, что превышает нормальные показатели. Культуру *P. mirabilis* выделили от четырех телят (66,6 %), *P. vulgaris* – от двух (33,3 %). В конце эксперимента

выделили две культуры *P. mirabilis* в количестве 10^3 КОЕ/г от телят № 3 и № 4. Кроме этого, у телят опытной группы были выделены культуры таких условно-патогенных энтеробактерий, как *Citrobacter* spp., *Enterobacter* spp. и *Providencia* spp., которые после лечения не были обнаружены.

В табл. 3 представлена микрофлора ЖКТ телят контрольной группы, находящихся на обычном рационе, в начале и в конце эксперимента.

Таблица 3

Видовая и количественная характеристика состава кишечной микрофлоры телят (контрольная группа) в начале и конце эксперимента, КОЕ/г

Номер теленка	<i>Bifidobacterium</i> spp.		<i>Lactobacillus</i> spp.		<i>E. coli</i>		<i>Enterococcus</i> spp.		<i>Staphylococcus</i> spp.		<i>Proteus</i> spp.	
	на- чало	ко- нец	на- чало	ко- нец	на- чало	ко- нец	на- чало	ко- нец	на- чало	ко- нец	на- чало	ко- нец
7	10^6	10^6	10^5	10^5	10^6	10^8	10^4	10^4	10^3	10^4	10^5	10^6
8	10^5	10^5	10^5	10^5	10^8	10^8	10^4	10^4	10^4	10^4	10^6	10^7
9	10^5	10^5	10^4	10^4	10^8	10^8	-	10^3	-	-	10^5	10^6
10	10^6	10^6	10^5	10^5	10^6	10^7	10^4	10^4	10^4	10^4	10^5	10^7
11	10^6	10^6	10^4	10^4	10^7	10^7	-	-	-	10^2	10^5	10^6

У телят контрольной группы концентрация *Bifidobacterium* spp. и *Lactobacillus* spp. (10^5 – 10^6 КОЕ/г и 10^4 – 10^5 КОЕ/г соответственно) ниже нормы и спустя 10 дней не изменилась. Содержание непатогенной *E. coli* превысило норму у двух телят (40 %) – 10^8 КОЕ/г, через 10 дней такую же концентрацию кишечной палочки обнаружили у теленка № 7. Повышенная концентрация *Enterococcus* spp. наблюдается у трех животных (60 %) и составляет 10^4 КОЕ/г; *Staphylococcus* spp. в количестве 10^4 КОЕ/г также обнаружили у двух телят (40 %). В конце опыта энтерококки были выделены от трех телят (60 %), а количество стафилококков увеличилось у теленка № 7 с 10^3 до 10^4 КОЕ/г.

В начале и в конце эксперимента выделили патогенные культуры *E. coli* O33 у трех животных (60 %), *E. coli* O2 – у одного (20 %). У всех телят контрольной группы (100 %) обнаружили высокую концентрацию протея – 10^5 – 10^6 КОЕ/г, которая спустя 10 дней увеличилась до 10^6 – 10^7 КОЕ/г. *P. mirabilis* выделили от четырех животных (80 %), *P. vulgaris* – от одного теленка (20 %). Помимо этого, в начале и в конце опыта были выделены условно-патогенные энтеробактерии родов *Citrobacter*, *Enterobacter* и *Providencia*.

Таким образом, у животных, которым выпаивали бактериальную суспензию, увеличилось количество нормофлоры и снизилась концентрация условно-патогенной микрофлоры. У телят контрольной группы не изменилось количество нормальной микрофлоры, но выделили условно-патогенную микрофлору от тех телят, у которых изначально ее не было. В конце эксперимента у телят опытной группы диарея не отмечалась. У животных контрольной группы в начале и в конце эксперимента наблюдался диарейный симптомокомплекс.

Наиболее выраженные симптомы диареи наблюдали у телят, у которых в ассоциации было выделено две и более культуры условно-патогенных энтеробактерий. У этих животных отмечалась учащенная дефекация, жидкие фекалии желтоватого цвета.

Патогенность выделенных микроорганизмов определяли путем постановки биологической пробы на лабораторных животных. Одной культурой заражали по три особи мышей (три особи – контроль). В течение 5 дней после заражения мыши, зараженные культурами условно-патогенных энтеробактерий, стафилококками и энтерококками, погибли. При посеве органов

на питательные среды выделяли исходные культуры и обнаруживали возбудители в мазках-отпечатках.

Чувствительность выделенных культур к антибиотикам (табл. 4) определяли с использованием бумажных дисков.

Таблица 4

Антибиотикочувствительность патогенных микроорганизмов, выделенных из кишечника новорожденных телят, %

Антибиотик	<i>E. coli</i>	<i>Proteus</i> spp.	<i>Citrobacter</i> spp.	<i>Enterococcus</i> spp.	<i>Staphylococcus</i> spp.
Гентамицин	38,5	37,5	100	40	38,5
Доксициклин	15,3	0	66	50	46,1
Канамицин	38,5	25	33	20	15,3
Пефлоксацин	84,6	68,8	66	60	46,1
Тетрациклин	46,1	12,5	100	60	38,5
Амикацин	46,1	37,5	66	50	38,5
Ципрофлоксацин	92,3	56,3	100	100	84,6
Стрептомицин	76,9	43,8	66	90	84,6
Цефуроксим	53,8	18,8	0	30	38,5
Цефалексин	38,5	12,5	66	20	15,3
Азитромицин	15,3	37,5	0	10	76,9
Фосфомицин	69,2	56,3	0	60	53,8
Левофлоксацин	76,9	12,5	100	80	38,5
Амоксикилав	69,2	37,5	33	60	38,5

У большинства выделенных патогенных культур *E. coli* наблюдалась чувствительность к пефлоксацину, ципрофлоксацину, стрептомицину, цефуроксиму, фосфомицину и левофлоксацину. Культуры *Proteus* spp. оказались более устойчивы к антибактериальным препаратам, больше половины выделенных культур чувствительны к пефлоксацину, ципрофлоксацину и фосфомицину. Все культуры *Enterococcus* spp. были чувствительны к ципрофлоксацину и проявили высокую чувствительность к левофлоксацину. Большинство *Staphylococcus* spp. были чувствительны к ципрофлоксацину, стрептомицину, азитромицину и фосфомицину.

Таким образом, большинство патогенных бактерий, выделенных от телят с признаками дисбактериоза, являются чувствительными к фторхинолонам (ципрофлоксацин, пефлоксацин, левофлоксацин), а также к фосфомицину.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Энтеробиоценоз телят с диарейным симптомокомплексом представлен нормофлорой и условно-патогенными микроорганизмами. Нормальная флора включает в себя бактерии рода *Bifidobacterium* (10^5 – 10^6 КОЕ/г), *Lactobacillus* (10^4 – 10^5 КОЕ/г), непатогенные *E. coli* (10^6 – 10^8 КОЕ/г). Условно-патогенная микрофлора кишечника телят представлена бактериями рода *Proteus* (10^5 – 10^6 КОЕ/г), которые были выделены у 100 % телят опытной и контрольной групп, энтерококками (10^4 КОЕ/г), стафилококками (10^2 – 10^4 КОЕ/г). Также выделяли другие УПЭ (энтеропатогенные серотипы *E. coli*, *Citrobacter* spp., *Enterobacter* spp., *Providencia* spp.).

2. После выпаивания телятам опытной группы суспензии, содержащей *Bacillus* spp. F, отмечалось увеличение концентрации нормальной флоры, а именно *Bifidobacterium* spp. (10^7 – 10^8 КОЕ/г) и *Lactobacillus* spp. (10^6 – 10^7 КОЕ/г). Содержание непатогенной *E. coli* уменьшилось

до 10^5 – 10^7 КОЕ/г. Уменьшилась концентрация *Enterococcus* spp. и *Staphylococcus* spp. до 10^2 – 10^3 КОЕ/г. Бактерии рода *Proteus* выделили у двух телят, их концентрация составила 10^3 КОЕ/г. У телят контрольной группы в конце эксперимента содержание *Bifidobacterium* spp., *Lactobacillus* spp. и *E. coli* осталось без изменений. Бактерии рода *Proteus* выделили у 100 % животных, а энтерококки и стафилококки выделяли от телят, у которых в начале опыта данные бактерии не были зарегистрированы.

3. Применение *Bacillus* spp. F в профилактике дисбактериоза телят показало положительные результаты, а именно, способствовало размножению полезной микрофлоры кишечника и уменьшению концентрации условно-патогенных микроорганизмов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гриценко В.А. Эндогенные бактериальные инфекции как фундаментальная проблема медицины и оптимизация подходов к их терапии и профилактике // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН: [электронный журнал]. – 2013. – № 3. – 24 с. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/endogennye-bakterialnye-infektsii-kak-fundamentalnaya-problema-meditsiny-i-optimizatsiya-podhodov-k-ih-terapii-i-profilaktike> (дата обращения: 09.12.2020).
2. Макаров В.В. Факторные болезни: так что же это такое? // Ветеринарный консультант. – 2008. – № 6. – С. 3–7.
3. Люсин Е.А. Сохраним здоровье телят: лечение и профилактика заболеваний желудочно-кишечного тракта [Электронный ресурс] // Молочное и мясное скотоводство. – 2017. – № 6. – С. 36–37. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_30540376_41769387.pdf (дата обращения: 18.01.2020).
4. Кониццева А.С., Плешакова В.И., Лещёва Н.А. Микробиом кишечника телят при дисбактериозе // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (43). – С. 70–76.
5. Бенца Т.М. Нарушения микробиоты кишечника и их коррекция [Электронный ресурс] // Український медичний часопис. – 2018. – № 4 (1). – С. 75–79. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/UMCh_2018_4%281%29_17 (дата обращения: 02.01.2018).
6. The fecal resistome of dairy cattle is associated with diet during nursing / J. Liu, D.H. Taft, M.X. Maldonado-Gomez [et al.] // Nat Commun. – 2019. – Vol. 10 (1). – P. 4406. – DOI: 10.1038/s41467-019-12111-x.
7. Metagenomic discovery of bio-mass-degrading genes and genomes from cow rumen / M. Hess, A. Sczyrba, R. Egan [et al.] // Science. – 2011. Vol. 331 (6016). – P. 463–467. – DOI: 10.1126/science.1200387.
8. Кондакова И.А., Ломова Ю.В., Ленченко Е.М. Изучение чувствительности к антибактериальным препаратам микроорганизмов, циркулирующих в животноводческих хозяйствах при болезнях органов пищеварения телят [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 828. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15281> (дата обращения: 17.11.2020).
9. Антибиотикочувствительность и антибиотикорезистентность патогенных и условно-патогенных энтеробактерий, выделенных из кишечника новорожденных телят / Д.А. Желябовская, М.Е. Остякова, В.А. Почтарь [и др.]. [Электронный ресурс] // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 11 (134). – С. 27–33. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/antibiotikochuvstvitelnost-i-antibiotikorezistentnost-patogennyh-i-uslovno-patogennyh-enterobakteriy-vydelennyh-iz-kishechnika> (дата обращения: 17.11.2020).
10. Ферментативная активность штаммов бактерий *Bacillus subtilis*, выделенных из мерзлотных почв / М.П. Скрябина, А.М. Степанова, Н.П. Тарабукина, М.П. Неустроев // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2020. – № 1 (33). – С. 73–79. – DOI: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202001011.
11. Степанова А.М. Применение пробиотика из штаммов бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3 и *Bacillus subtilis* ТНП-5 в птицеводстве: дис. канд. вет. наук. – Якутск, 2011. – С. 126.

REFERENCES

1. <https://cyberleninka.ru/article/n/endogennye-bakterialnye-infektsii-kak-fundamentalnaya-problema-meditsiny-i-optimizatsiya-podkhodov-k-ih-terapii-i-profilaktike>
2. Makarov V.V. *Veterinarnyj konsul'tant*, 2008, No. 6, pp. 3–7. (In Russ.)
3. https://elibrary.ru/download/elibrary_30540376_41769387.pdf
4. Konishcheva A.S., Pleshakova V.I., Leshchyova N.A., *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, No. 3 (43), pp. 70–76. (In Russ.)
5. http://nbuv.gov.ua/UJRN/UMCh_2018_4%281%29_17
6. Liu J., Taft D.H., Maldonado-Gomez M.X., Johnson D., Treiber M.L., Lemay D.G., DePeters & David E.J., Mills A., The fecal resistome of dairy cattle is associated with diet during nursing, *Nat Commun*, 2019, Vol. 10 (1), pp. 4406, DOI: 10.1038/s41467-019-12111-x.
7. Hess M., Sczyrba A., Egan R., Kim T.W., Chokhawala H., Schroth G., Luo S., Clark D.S., Chen F., Zhang T., Mackie R.I., Pennacchio L.A., Tringe S.G., Visel A., Woyke T., Wang Z., Rubin E.M., Metagenomic discovery of bio-mass-degrading genes and genomes from cow rumen, *Science*, 2011, Vol. 331 (6016), pp. 463–467, DOI: 10.1126/science.1200387.
8. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15281>
9. <https://cyberleninka.ru/article/n/antibiotikochuvstvitelnost-i-antibiotikorezistentnost-patogennyh-i-uslovno-patogennyh-enterobakteriy-vydelennyh-iz-kishechnika>
10. Skryabina M.P., Stepanova A.M., Tarabukina N.P., Neustroev M.P., *Problemy vетеринарной санитарии, гигиены и экологии*, 2020, No. 1 (33), pp. 73–79, DOI: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202001011. (In Russ.)
11. Stepanova A.M. *Primenenie probiotika iz shtammov bakterij Bacillus subtilis TNP-3 i Bacillus subtilis TNP-5 v pticevodstve* (The use of a probiotic from bacterial strains Bacillus subtilis TNP-3 and Bacillus subtilis TNP-5 in poultry farming), Extended abstract of candidate's thesis, Yakutsk, 2011, p. 126. (In Russ.)

АТИПИЧНЫХ МИКОБАКТЕРИЙ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ОТ СВИНЕЙ И ОБЪЕКТОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Ю.И. Смолянинов, доктор ветеринарных наук, профессор

Д.В. Волков, кандидат ветеринарных наук

С.В. Ионина, кандидат биологических наук

А.К. Брем, кандидат ветеринарных наук

Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СФНЦА РАН

E-mail: uismol@yandex.ru

Ключевые слова: микобактериозы свиней, биоматериал, атипичные микобактерии, фенотипические свойства.

Реферат. Показано, что при бактериологическом исследовании 1207 проб биоматериала от свиней, птиц и проб объектов внешней среды изолированы 106 культур кислотоустойчивых микобактерий (8,8%). Из биоматериала от реагирующих на туберкулин свиней выделено 7,5% культур, от кур подсобных хозяйств работников свиноферм – 12,5, от синантропных птиц (голуби, воробьи, 120 проб), обитающих на территории ферм, – 7,5%, из проб внешней среды объектов свиноводства – 9,4%. Изучение фенотипических свойств показало принадлежность изолированных культур микобактерий к трем группам по классификации Раньона (II, III и IV). Установлено, что в организме свиней и внешней среде благополучных по туберкулезу свиноводческих хозяйств персистируют 6 видов атипичных микобактерий, включающих *M. xenopi*, *M. avium-intracellulare*, *M. fortuitum*, *M. smegmatis*, *M. phlei* и *M. scrofulaceum*, что подтверждается культуральными, морфологическими и биохимическими свойствами. В структуре видовой принадлежности культур микобактерий наиболее распространены *M. avium-intracellulare* – 51,4%, *M. smegmatis* – 20,8 и *M. scrofulaceum* – 11,1%.

DISTRIBUTION AND PHENOTYPIC PROPERTIES OF ATYPICAL MYCOBACTERIA ISOLATED FROM PIGS AND AMBIENT MEDIUM OBJECTS

Iu.I. Smolyaninov, Doctor of Veterinary Sciences, Professor

D.V. Volkov, Ph.D. in Veterinary Sciences

S.V. Ionina, Ph.D. in Biological Sciences

A.K. Brem, Ph.D. in Veterinary Sciences

*Institute of Experimental Veterinary Medicine of Siberia and the Far East,
Siberian Federal Research Centre for Agrobiotechnology
of the Russian Academy of Sciences (SFRCA RAS)*

Key words: *swine mycobacteriosis, biomaterial, atypical mycobacteria, phenotypic properties.*

Abstract. In this article, the authors reviewed an experiment in which 106 cultures of acid-fast mycobacteria (8.8%) were isolated. These cultures were isolated by bacteriological examination of 1207 biomaterial samples from pigs, birds and environmental samples. From the biomaterial of pigs reactive to tuberculin, 7.5% cultures were isolated. From the biomaterial of backyard chickens on the pig farmer's farm 12.5% of samples were isolated; 120 samples were isolated from synanthropic birds (pigeons, sparrows). Of these, on-farm birds accounted for 7.5%; 9.4% were isolated from environmental samples outside the premises of the pig farm. The study of phenotypic properties showed the belonging of isolated cultures of mycobacteria to three groups according to Runyon classification (II, III and IV). The authors found that 6 species of atypical mycobacteria, including *M. xenopi*, *M. avium-intracellulare*, *M. fortuitum*, *M. smegmatis*, *M. phlei* and *M. scrofulaceum*.

*The presence of mycobacteria was confirmed by cultural, morphological and biochemical properties. In the species composition of mycobacterial cultures, *M. avium-intracellulare* was the most common with 51.4 %, *M. smegmatis* with 20.8 % and *M. scrofulaceum* with 11.1 %.*

Свиноводство – одна из важнейших динамично развивающихся отраслей животноводства в России. Поголовье свиней в РФ в настоящее время составляет свыше 23 млн голов, что определяет отрасль как важную составляющую продовольственной безопасности.

Сдерживающим фактором развития свиноводства являются многочисленные инфекционные болезни, в том числе микобактериозы, регистрируемые в зонах разведения свиней во всем мире.

Несмотря на то, что туберкулез свиней на территории России в настоящий период регистрируется редко, актуальной остается проблема микобактериозов, распространенных во многих регионах. Микобактериоз, обусловленный заражением свиней атипичными микобактериями в их видовом многообразии, по характеру патолого-анатомических изменений, выявляемых при ветеринарно-санитарной экспертизе туш, практически неотличим от туберкулеза, что вносит неясность в истинную эпизоотическую ситуацию и представляет опасность для людей [1].

Научные данные по микобактериозам свиней в нашей стране представлены в основном региональными особенностями [2–8], однако многие вопросы распространения, видового состава и фенотипических (культурально-морфологических, биохимических) свойств атипичных микобактерий остаются неизученными.

В современный период, в связи с коренными изменениями в экологии внешней среды и строительством крупных свиноводческих мегакомплексов, требуется постоянный эпизоотологический мониторинг по микобактериозам свиней, заключающийся в проведении комплексных аллергических, патолого-анатомических и бактериологических исследований, а также изучении культурально-морфологических и биохимических свойств атипичных микобактерий, изолированных как из биоматериала от животных, так и из внешней среды объектов свиноводства.

Целью исследований явилось изучение распространения микобактериозов и фенотипических свойств атипичных микобактерий, изолированных от свиней и из внешней среды объектов свиноводства.

Объектом исследований явились биоматериал и культуры микобактерий, изолированных от реагирующих на туберкулин свиней и проб внешней среды объектов свиноводства в регионе Сибири.

Аллергические исследования свиней на туберкулез проводили согласно Наставлению по применению (ППД) туберкулинов для млекопитающих и для птиц [9] с использованием туберкулинов производства ФГУП «Курская биофабрика». В экспериментах аллергически исследовано 8508 голов свиней различных половозрастных групп.

Бактериологические исследования по изоляции культур микобактерий из биоматериала от реагирующих на туберкулины свиней и объектов внешней среды (1187 проб) проводили в соответствии с Наставлением по диагностике туберкулеза животных [10]. Материал для исследования обрабатывали по методу Гона–Левенштейна–Сумиоши. Тинкториальные свойства микобактерий определяли при окраске мазков по Цилю–Нильсену.

Фенотипические свойства (культуральные, морфологические, биохимические) изолированных культур кислотоустойчивых микобактерий изучали во второй генерации роста после накопления бактериальной массы с предварительной проверкой на чистоту визуально и в мазках. Суспензию биоматериала высевали на плотную яичную питательную среду Левенштейна–Йенсена и жидкую среду – мясо-пептонный бульон (МПБ).

Групповую принадлежность культур атипичных микобактерий определяли по классификации Раньона [11], дифференциально-диагностические тесты использовали по схемам, предложенным А.М. Кадочкиным [12], М.И. Гулюкиным с соавт. [13].

При изучении свойств культур микобактерий в качестве контрольных использовали референтные штаммы патогенных и атипичных микобактерий: *M. bovis* (шт. 8), *M. tuberculosis* (шт. H37Rv), *M. avium* (шт. «Берлин»), *M. intracellulare* (шт. 1411), *M. scrofulaceum* (шт. 2458–Париж), *M. gordonaе*, *M. terrae*, *M. phley*, полученных ранее в Центральном НИИ туберкулеза РАМН и Государственном НИИ стандартизации и контроля медицинских биологических препаратов имени Л.А. Тарасевича.

Распространение микобактериозов у свиней

Одной из особенностей эпизоотического процесса микробактериозов у свиней является разнообразие видового состава микобактерий, вызывающих сенсибилизацию к туберкулину. Изучение особенностей видовой принадлежности изолированных культур микобактерий,persistириующих в организме различных видов животных и внешней среде, позволяет установить ареал их распространения и источники инфицирования.

Для индикации культур кислотоустойчивых микобактерий комплексному бактериологическому исследованию подвергнуты 1207 проб биоматериала от свиней, птиц и проб объектов внешней среды, из которых изолированы 106 культур кислотоустойчивых микобактерий, что составляет 8,8 % от количества исследованных проб (табл. 1).

Из биоматериала от реагирующих на ППД-туберкулины свиней изолированы 58, или 7,5 % культур кислотоустойчивых микобактерий.

Частота изоляции культур микобактерий из биоматериала от кур подсобных хозяйств работников свиноферм (56 проб) составила 12,5 %, от синантропных птиц (голуби, воробы, 120 проб), обитающих на территории ферм, – 7,5, из 245 проб различных объектов внешней среды объектов свиноводства – 9,4 %.

Таблица 1

Частота изоляции микобактерий из биоматериала
от свиней, птиц и проб внешней среды свиноводческих хозяйств

Объект бактериологического исследования	Исследовано проб	Изолировано культур	
		кол-во	%
Биоматериал от свиней	786	58	7,5
Биоматериал от кур	56	7	12,5
Биоматериал от синантропных птиц	120	18	15,0
Пробы внешней среды, всего	245	23	9,4
вода	52	2	3,8
помет синантропных птиц	40	3	7,5
почва	21	2	9,5
навозные желоба (навоз)	16	3	18,7
опилки	13	2	15,4
кормушки	42	4	9,5
полы и проходы	46	5	10,9
комбикорм	15	2	13,3
Итого	1207	106	8,8

Установлена персистенция микобактерий во всех объектах внешней среды свиноводческих хозяйств. Наиболее часто культуры изолировали из проб навозных желобов помещений – 18,7 %, опилок, используемых в качестве подстилки, – 15,4 и комбикорма – 13,3 %.

Определенное эпизоотическое значение имеет помет синатропных птиц (голуби, воробы), повсеместно обитающих на территории свиноводческих ферм. Полученные данные свидетельствуют о повсеместном распространении кислотоустойчивых микобактерий во внешней среде и их важной роли как основных источников заражения свиней.

Фенотипические свойства изолированных культур микобактерий

Культурально-морфологические свойства изолированных первично из биоматериала от свиней и проб объектов внешней среды в количестве 95 культур микобактерий изучали во второй генерации роста колоний путем пересева на питательную среду Левенштейна–Йенсена.

Для пересева культур готовили бактериальную взвесь, содержащую 1 мг бактериальной массы микобактерий в 1 мл физиологического раствора. В качестве эталона использовали оптический стандарт мутности штамма микобактерий BCG. Взвесь микобактерий в объеме 0,1 л каждой культуры высевали в 5 пробирок с питательной средой Левенштейна–Йенсена и в 1–с МПБ и культивировали в режимах 22, 37, 45 и 52 °C. Появление первичного роста колоний на поверхности питательной среды учитывали ежедневно в течение первых 9 суток, а затем каждые 5 суток, в срок до 3 месяцев.

Пигментообразование. Две пробирки с посевом испытуемых культур микобактерий культивировали при температуре 37 °C. Одну пробирку (контрольную) заворачивали в светонепроницаемую бумагу; другую (опытную) на 7-й и 12-й дни освещали электрической лампой (100 Вт) в течение 2 ч на расстоянии 50–80 см от источника света. Результаты учитывали через 4 недели после посева культур. Положительной реакцией считали желтую, желто-оранжевую или красноватую пигментацию выросших колоний культур после воздействия светом и отсутствие в контрольных пробирках в темноте, что свидетельствовало о принадлежности культуры к скотохромогенной II группе классификации по Раньону.

Чёткое проявление скотохромогенности зарегистрировано у 37, или у 38,9 %, изучаемых культур микобактерий (табл. 2).

Скотохромогенность проявилась у 30 культур, выделенных из биоматериала от свиней, и у 7– из проб внешней среды. Цвет колоний микобактерий после воздействия светом варьировал от желтого до желто-оранжевого. В контрольных пробирках при культивировании в темноте скотохромогенности не наблюдали. Скотохромогенность проявлялась как у медленнорастущих, так и быстрорастущих культур микобактерий примерно в равном соотношении. Нефотохромогенные (не образующие пигмент на свету) микобактерии, относящиеся к III группе по Раньону, выявлены у 58, или у 61,6 %, культур.

Таблица 2
Культуральные свойства изолированных культур микобактерий

Показатель	Методика исследования	Культуры		
		кол-во	%	
1	2	3	4	5
Пигментообразование	G.P. Kubica [14]	37	38,9	
		58	61,1	
Скорость роста	W. Kappler [15]	29	30,5	
		66	69,5	

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
Рост при различных температурах	22 °C 37 °C 45 °C 52 °C	Н.М. Макаревич [16]	25 91 27 1	26,3 95,8 28,4 1,1
Корд-фактор	Образование в жидкой питательной среде микроколоний патогенных микобактерий туберкулеза в виде кос, жгутов, завитков и их отсутствие при росте атипичных микобактерий	М. Tsukamura [17]	—	—

Скорость роста на плотных питательных средах. По этому показателю 29 культур (30,5 % всех исследуемых) отнесены к быстрорастущим, появление колоний у которых на среде Левенштейна–Йенсена при температуре 37 °C наблюдали в срок до 7 суток культивирования. Остальные 66, или 69,5 %, культур отнесены к медленнорастущим (первичный рост колоний позднее 7 суток). У ряда медленнорастущих культур микобактерий первичный рост колоний достигал 23 суток. Средняя скорость роста быстрорастущих микобактерий составила $4,1 \pm 0,6$ суток.

Некоторые культуры, обладающие сравнительно медленным ростом при культивировании (до 7 суток), классифицировались как нефотохромогенные (непигментные) и были отнесены к III группе по классификации Раньона. У большей части быстрорастущих микобактерий (15 культур, 51,7 %) первичный рост колоний регистрировали на 4-е сутки культивирования.

Рост при различных температурах. Из 95 культур микобактерий 91, или 95,8%, показали выраженный рост колоний при температуре 37 °C; 4 культуры росли в виде единичных мелких колоний без развития в дальнейшие сроки культивирования; 25 культур (26,3 %) росли при температуре 25 °C, причем все они росли и при 37 °C. При температуре 45 °C рост зарегистрирован у 27, или у 28,4 %, анализируемых культур микобактерий, которые росли также при 37 °C.

Одна быстрорастущая культура, первичный рост которой проявился через трое суток на среде Левенштейна–Йенсена в виде легкого налета, росла как при температуре 37 °C, так и 52 °C, однако не проявляла ростовых свойств при температуре 25 °C. Эта особенность позволила без дальнейших исследований классифицировать её как вид *M. phlei* (палочка тимофеевой травы).

Корд-фактор. Тест основан на способности образовывать в жидкой питательной среде патогенными микобактериями туберкулеза человеческого и бычьего вида микроколоний в виде кос, жгутов, завитков, носящих название корд-фактора. Атипичные и сапрофитные виды микобактерий, за исключением *M. kansasii* и *M. chelonei*, не склонны к образованию корд-фактора.

Корд-фактор устанавливали после посева культур микобактерий на МПБ. Через 10-14 суток определяли наличие микроколоний в осадке после центрифугирования МПБ. Из осадка готовили мазок, окрашивали по Цилю–Нильсену и просматривали под бинокулярным микроскопом.

Во всех анализируемых препаратах микобактерии в микроколониях были расположены беспорядочно без стройного распределения, что свидетельствовало об их принадлежности к атипичным. В контрольных препаратах (*M. bovis* и *M. tuberculosis*) четко просматривались микроколонии в виде кос или жгутов и ориентированно расположенных групп палочек Коха красного цвета.

Биохимические свойства изолированных культур микобактерий определяли по комплексу тестов, позволяющих в большинстве случаев определить видовую принадлежность изолированных культур микобактерий.

Рост на среде с салициловым натрием. Тест основан на способности салицилата натрия в 0,05-0,1%-й концентрации блокировать рост на плотных питательных средах микобактерий бычьего и человеческого видов. При этом атипичные микобактерии всех видов, а также *M. avium*, дают характерный рост колоний на питательной среде с добавлением салицилата натрия.

При исследовании 95 изолированных культур микобактерий все они дали хороший рост колоний на среде Левенштейна-Йенсена с добавлением салицилата натрия, в связи с чем классифицировались как атипичные (табл. 3).

Таблица 3
Биохимические свойства изолированных культур микобактерий

Биохимический тест	Методика исследований	Культуры с положительной реакцией	
		кол-во	%
Рост на среде с салицилатом натрия	M. Tsukamura [17]	95	100,0
Активность каталазы	L. Wayne [18]	37	38,9
Термостабильность каталазы	G.P. Kubica [14]	–	–
Гидролиз Твин-80	L. Wayne [18]	45	47,4
Осаждение железа	I. Szabo, E. Vandra [19]	3	4,6
Формамидачная активность	H. Nagayama et al. [20]	26	27,4
Редукция теллурита калия	J. Kilburn et al. [21]	69	95,8
Тolerантность к хлориду натрия	D. Kestle et al. [22]	66	69,5

Активность каталазы. Тест ставили путем внесения в пробирки с испытуемыми культурами микобактерий раствора перекиси водорода. Реакцию учитывали по образованию пузырьков газа в виде столбика пены в течение 5 мин. Высоту столбика в 45 мм и выше оценивали как положительную реакцию. Для контроля использовали референтные штаммы культур *M. intracellulare* и *M. gordonaе*, которые образуют столбик пены свыше 45 мм.

В реакции пузырьки газа образовывали столбик пены высотой до 45 мм у 37 испытуемых культур микобактерий, что позволило дифференцировать их видовую принадлежность как комплекс *M. avium-intracellulare*.

Термостабильность каталазы. Реакцию проводили при нагревании на водяной бане при температуре 68 °С в течение 20 мин 0,5 мл взвеси испытуемых культур микобактерий. Во взвесь после охлаждения добавляли 0,5 мл каталазного реагента (10 %-го раствора Твин-80 и 30 %-й перекиси водорода, поровну). Реакцию считали положительной, если в течение 20 мин образовались пузырьки кислорода. Контролем служили культуры микобактерий, которые

не прогревали, а также референтный штамм *M. gordonaе*, дающий заведомо положительную реакцию. В опыте из 95 испытуемых культур микобактерий ни одна не показала активности в данной реакции.

Гидролиз Твин-80. Реакцию ставили для дифференциации потенциально патогенных видов микобактерий IV группы по классификации Раньона (*M. scrofulaceum*) и III группы (*M. avium-intracellulare*) от сапрофитных видов этих групп *M. gordonaе*, *M. terrae* и др. В реакции смешивали 0,5 мл реактива Твин-80, 0,1 мл основного нейтрального красного и 100 мл фосфатного буферного раствора Соренсена (рН 7,0). Смесь в пробирках по 4 мл автоклавировали при температуре 120 °С в течение 15 мин. При смешивании образовывался раствор соломенно-желтого цвета за счет связанного нейтрального красного, а при гидролизе происходило освобождение нейтрального красного, и окраска восстанавливалась до красного цвета. В пробирки вносили 3–4-недельную культуру микобактерий и культивировали при температуре 37 °С 48 ч. При положительной реакции цвет среды изменялся от розового до красного. Контролем служили пробирки с питательной средой без культур и культура референтного штамма *M. scrofulaceum*, которая также давала заведомо отрицательную реакцию. В реакции дифференцировано 8 культур как *M. scrofulaceum* и 37 культур как *M. avium-intracellulare*.

Осаждение лимонно-аммиачного железа. В пробирки с испытуемыми культурами микобактерий вносили по 0,5 мл раствора лимонно-аммиачного железа и культивировали при температуре 37 °С в течение 10 сут. Положительной считали культуру, окрашиваемую в коричневый цвет. Для контроля использовали референтный штамм *M. phley*, дающий заведомо положительную реакцию. В данном тесте выявлены три полевые культуры *M. phley* (IV группа по Раньону), у которых при культивировании проявилось окрашивание в коричневый цвет. При этом две культуры были изолированы из проб биологического материала от свиней и одна – от голубя.

Толерантность к хлориду натрия. Тест, основанный на способности быстрорастущих культур (кроме *M. diernhoferi*) расти на среде Левенштейна–Йенсена с добавлением хлорида натрия, использовали для дифференциации медленнорастущих микобактерий от быстрорастущих, а также вида *M. triviale* от других микобактерий III группы по Раньону. При постановке реакции в среду Левенштейна–Йенсена добавляли хлорид натрия в 5 %-й концентрации. Взвесь испытуемых культур микобактерий высевали на питательную среду с раствором хлорида натрия. Появление роста колоний культур микобактерий через 4 недели считали положительной реакцией. Результаты теста показали полное ингибирование роста у 66 испытуемых культур микобактерий на среде Левенштейна–Йенсена, что позволило дополнительно отнести их к группе медленнорастущих. У остальных 29 культур наблюдали хороший рост микобактерий при добавлении в среду хлорида натрия, которые классифицировались как быстрорастущие.

Формамидаазная активность. Тест основан на катализе образования аммиака из формамида ферментом формамидааза, присутствующим у некоторых видов атипичных микобактерий. Взвесь микобактерий из расчёта 10 мг/мл по оптическому стандарту мутности микобактерий BCG на фосфатно-буферном растворе Соренсена (рН 7,2) разливали в две пробирки по 0,5 мл. Одну пробирку использовали в качестве контроля. В первую пробирку добавляли 0,5 мл раствора формамида, а в контрольную – 0,5 мл буферного раствора. Пробирки помещали в термостат на 4 ч при температуре 37 °С. Затем в каждую пробирку последовательно добавляли 0,1 мл раствора сернокислого марганца, 1 мл фенолового реактива, 0,5 мл гипохлорида кальция и помещали в кипящую водяную баню на 20 мин. Появление синей или желтовато-синей окраски раствора считали положительной реакцией, указывающей на присутствие аммиака у быстрорастущих культур микобактерий IV группы по классификации Раньона. В опыте положительную реакцию проявили 26 культур микобактерий, что позволило отнести их ко II и IV группам

по Раньону, включая виды *M. smegmatis* (15 культур), *M. phlei* (3 культуры) и *M. scrofulaceum* (8 культур).

Редукция теллурита калия. Тест использовали для дифференциации быстрорастущих микобактерий IV группы по Раньону и микобактерий комплекса *avium-intracellularare* от других видов медленнорастущих микобактерий. Реакция основана на восстановлении теллурита калия под воздействием фермента редуктазы, присутствующей у некоторых видов атипичных микобактерий. В пробирки с жидкой питательной средой Локкемана вносили испытуемые культуры микобактерий и выращивали 7 сут при температуре 37 °С. При появлении роста микобактерий (помутнение) добавляли по две капли 0,2 %-го раствора теллурита калия. Реакцию учитывали на 3, 6, 10 и 14-е сутки. Учет реакции показал появление интенсивно-черного или коричневого осадка в 69 пробирках с испытуемыми культурами микобактерий, на основании чего они были отнесены к III и IV группам по Раньону. В трех пробах реакция оценена как отрицательная ввиду отсутствия пигментированного осадка, и 4 культуры микобактерий отнесены ко II группе по классификации Раньона.

Видовой состав изолированных культур атипичных микобактерий. Результаты исследований позволили определить групповую и видовую принадлежность 72 культур атипичных микобактерий из 95 анализируемых и отнести их к трем группам по классификации Раньона – II, III и IV (табл. 4).

В связи с тем, что виды *M. avium* и *M. intracellularare* по культурально-морфологическим и биохимическим свойствам почти неразличимы, то мы, как и большинство исследователей в настоящее время, рассматривали их как микобактерии комплекса *avium-intracellularare*.

По результатам комплекса свойств идентифицированы 6 самостоятельных видов атипичных микобактерий, персистирующих в организме свиней и внешней среде свиноводческих хозяйств, включающие *M. xenopi*, *M. avium-intracellularare*, *M. fortuitum*, *M. smegmatis*, *M. phlei* и *M. scrofulaceum*.

Таблица 4
Видовой состав атипичных микобактерий, изолированных от свиней, птиц и из внешней среды

Вид микобактерий	Группа по Раньону	Изолировано культур микобактерий			
		свиньи	синантропные птицы	внешняя среда	всего
<i>M. xenopi</i>	II	2	–	1	3
<i>M. avium-intracellularare</i>	III	23	4	10	37
<i>M. fortuitum</i>	III	5	1	–	6
<i>M. smegmatis</i>	IV	8	5	2	15
<i>M. phlei</i>	IV	2	1	–	3
<i>M. scrofulaceum</i>	IV	4	–	4	8
Всего	II-IV	44	11	17	72
Не идентифицированы	II-IV	14	7	2	23
Итого		58	18	19	95

Из биоматериала от свиней идентифицированы все 6 перечисленных видов микобактерий II, III и IV групп по классификации Раньона (58 культур). Набольшее количество изолятов микобактерий отнесены к видам *avium-intracellularare* (23 культуры, 39,7 %) и *smegmatis* – 8 культур (13,8 %).

Из проб объектов внешней среды, включая синантропных птиц (голуби, воробыи), изолированы и идентифицированы 28 культур различных видов атипичных микобактерий. Все 6 видов культур, изолированных из объектов внешней среды, соответствовали видам, изоли-

рованным из биоматериала от свиней. При этом половина всех изучаемых культур была представлена видом комплекса *M. avium-intracellulare*, что свидетельствует о их наиболее широком распространении во внешней среде.

Культуры микобактерий были выделены из всех объектов внешней среды свиноводческих хозяйств. Наибольшее количество (8 культур) изолировано из биоматериала от голубей и воробьев, обитающих на территории ферм. При этом идентифицированы 4 вида микобактерий, включая *M. avium-intracellulare*, *M. smegmatis*, *M. fortuitum* и *M. phlei*.

Принадлежность 23 культур (24,2 %) не установлена ввиду нечеткости показаний отдельных диагностических тестов.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Частота изоляции кислотоустойчивых микобактерий из биоматериала от реагирующих на туберкулины свиней составляет 7,5 %, от кур подсобных хозяйств работников свиноферм – 12,5, от синантропных птиц, обитающих на территории ферм, – 7,5, из проб внешней среды – 9,4 %.

2. В организме свиней, реагирующих на ППД-туберкулины для млекопитающих и для птиц, и внешней среде благополучных по туберкулезу свиноводческих хозяйств персистируют 6 видов атипичных микобактерий II, III и IV групп классификации по Раньону, включая *M. xenopi*, *M. avium-intracellulare*, *M. fortuitum*, *M. smegmatis*, *M. phlei* и *M. scrofulaceum*, что подтверждается фенотипическими, культуральными и биохимическими свойствами.

3. В структуре видовой принадлежности изолированных и идентифицированных культур микобактерий из организма свиней и объектов внешней среды наиболее распространены *M. avium-intracellulare* – 51,4 %, *M. smegmatis* – 20,8 и *M. scrofulaceum* – 11,1 %.

4. В связи с идентичностью патолого-анатомических поражений при туберкулёзе и микобактериозах свиней окончательный диагноз можно поставить только по результатам комплексных бактериологических исследований и изучения культурально-морфологических и биохимических свойств кислотоустойчивых микобактерий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Особенности противотуберкулезных мероприятий при микобактериозах свиней / А.Х. Найманов, Н.Г. Толстенко, Е.П. Вангели, В.М. Калмыков // Ветеринария. – 2016. – № 11. – С. 3–6.
2. Лиепиньш Э.А. Краевые особенности этиологии и диагностики туберкулёза у свиней в Латвийской ССР: автореф. дис. ... канд. вет. наук. – Тарту, 1975. – 24 с.
3. Козлов Н.Н. Об этиологии микобактериозов у свиней в некоторых районах Эстонской ССР // Теоретические и практические вопросы ветеринарии. – Тарту, 1977. – Т. I. – С. 75–78.
4. Румачик И.И. Туберкулезные изменения у свиней и их этиология: автореф. дис. ... канд. вет. наук. – Минск, 1980. – 21 с.
5. Нечваль И.Т. Микобактериоз свиней (эпизоотология, диагностика, профилактика и мероприятия по их ликвидации): автореф. дис. ... д-ра вет. наук. – М., 1986. – 46 с.
6. Нурмадов К. Результаты изучения культур микобактерий, выделенных от свиней в некоторых хозяйствах Таджикской ССР // Профилактические и лечебно-ветеринарные мероприятия в животноводческих комплексах – Душанбе, 1987. – С. 4–8.
7. Солонеко А.А., Сахончик П.Е. Микобактериоз свиней на комплексе // Ветеринарная наука – производству. – Минск, 1988. – Т. 26. – С. 37–44.
8. Пакусина Т.А., Околелов В.И. Спектрофотометрия для диагностики микобактериозов свиней // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2009. – № 5. – С. 33–38.
9. Наставление по применению (ППД) туберкулинов для млекопитающих и для птиц. – М., 1999.
10. Наставление по диагностике туберкулеза животных. – М., 2002.

11. Runyon E. Differentiation des mycobacteria anonomes (atypiques) et des bacillus tuberculosis des mamileres // Bull. Union Intern. tuberc. – 1959. – Vol. 29, N. 1–2. – P. 72–83.
12. Кадочкин А.М. Дифференциация и индентификация микобактерий // Ветеринария. – 1984. – № 9. – С. 62–64.
13. Методические наставления по проведению исследований при микобактериозах животных / М.И. Гулюкин, А.Х. Найманов, Н.П. Овдиенко [и др.]. – М., 2012. – 85 с.
14. Kubica G.P. The current nomenclature of the mycobacteria // Bull. Int. Union Against Tuberc. – 1979. – Vol. 54, N. 2. – P. 204–211.
15. Kappler W. Klassifizierung und Identifizierung von jangsan waehsenden atypischen mycobacterien // Z. Tuberk. – 1968. – Jg. 127. – S. 31–35.
16. Макаревич Н.М. Атипичные микобактерии: методы идентификации, источники выделения, течение, клиника туберкулеза: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 1973. – 37 с.
17. Tsukamura M.A. Review of the methods of identification and differentiation of Mycobacteria // Rev. Ifest. Dis. – 1981. – Vol. 3, N. 5. – P. 844–861.
18. Wayne L.G. Classification and identification of mycobacteria // Amer. Rev. Resp. Dis. – 1967. – Vol. 96. – P. 88–95.
19. Szabo I., Vandra F. Classification des mycobacteries saprophytes // Rev. Immunol. – 1961. – Vol. 25, N. 5–6. – P. 372–378.
20. Nagayama H., Konno K., Oka S. Formamidase in mycobacteria from other mycobacteria // Nature. – 1961. – Vol. 190. – P. 219–221.
21. Kilburn J.O., Silcox V.A., Kubica G.P. Differential identification of mycobacteria. V. The tellurite reduction test // Amer. Rev. Respir. Dis. – 1969. – Vol. 99 (1). – P. 94–100.
22. Kestle D., Abolt V., Kubica G. Differential identification of mycobacteria. II. Subgroups of groups II and III (Runyon) with different clinical significance // Amer. Rev. Resp. Dis. – 1967. – Vol. 95. – P. 1041–1052.

REFERENCES

1. Najmanov A.H., Tolstenko N.G., Vangeli E.P., Kalmykov V.M., Veterinariya, 2016, No. 11, pp. 3–6. (In Russ.)
2. Liepin'sh E.A. Kraevye osobennosti etiologii i diagnostiki tuberkulyoza u svinej v Latvijskoj SSR (Regional features of the etiology and diagnosis of tuberculosis in pigs in the Latvian SSR), Extended abstract of candidate's thesis, Tartu, 1975, 24 p. (In Russ.)
3. Kozlov N.N. Teoreticheskie i prakticheskie voprosy veterinarii, Tartu, 1977, Vol. I, pp. 75–78. (In Russ.) Rumachik I.I. Tuberkuleznye izmeneniya u svinej i ikh etiologiya (Tuberculous changes in pigs and their etiology), Extended abstract of candidate's thesis, Minsk, 1980, 21 p. (In Russ.)
4. Rumachik I.I. Tuberkuleznye izmeneniya u svinej i ikh etiologiya (Tuberculous changes in pigs and their etiology), Extended abstract of candidate's thesis, Minsk, 1980, 21 p. (In Russ.)
5. Nechval' I.T. Mikobakterioz svinej (epizootologiya, diagnostika, profilaktika i meropriyatiya po ikh likvidacii) (Mycobacteriosis of pigs (epizootiology, diagnosis, prevention and measures for their elimination)), Extended abstract of Doctor's thesis, Moscow, 1986, 46 p. (In Russ.)
6. Nurmadov K. Profilakticheskie i lechebno-veterinarnye meropriyatiya v zhivotnovodcheskikh kompleksah, Dushanbe, 1987, pp. 4–8. (In Russ.)
7. Soloneko A.A., Sahonchik P.E. Veterinarnaya nauka – proizvodstvu, Minsk, 1988, Vol. 26, pp. 37–44. (In Russ.)
8. Pakusina T.A., Okolelov V.I. Veterinariya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh, 2009, No. 5, pp. 33–38. (In Russ.)

9. *Nastavlenie po primeneniyu (PPD) tuberkulinov dlya mlekopitayushchih i dlya ptic* (Instructions for use (DPO) of tuberculins for mammals and birds), Moscow, 1999.
10. *Nastavlenie po diagnostike tuberkuleza zhivotnyh* (Manual for the diagnosis of animal tuberculosis), Moscow, 2002.
11. Runyon E. Differentiation des mycobacteria anonymes (atypiques) et des bacillus tuberculosis des mamileres, *Bull. Union Intern. tuberc.*, 1959, Vol. 29, No. 1–2, pp. 72–83.
12. Kadochkin A.M. *Veterinariya*, 1984, No. 9, pp. 62–64. (In Russ.)
13. Gulyukin M.I., Najmanov A.H., Ovdienko N.P. i dr., *Metodicheskie nastavleniya po provedeniyu issledovanij pri mikobakteriozah zhivotnyh* (Methodological instructions for conducting research in animal mycobacteriosis), Moscow, 2012, 85 p.
14. Kubica G.P. The current nomenclature of the mycobacteria, *Bull. Int. Union Against Tuberc.*, 1979, Vol. 54, No. 2, pp. 204–211.
15. Kappler W. Klassifizierung und Identifizierung von jangsan waehsenden atypischen mycobacterien, *Z. Tuberk.*, 1968, Jg. 127, pp. 31–35.
16. Makarevich N.M. *Atipichnye mikobakterii: metody identifikacii, istochniki vydeleniya, techenie, klinika tuberkuleza* (Atypical mycobacteria: identification methods, sources of isolation, course, tuberculosis clinic), Extended abstract of Doctor's thesis, Moscow, 1973, 37 p.
17. Tsukamura M.A. Review of the methods of identification and differentiation of Mycobacteria, *Rev. Ifest. Dis.*, 1981, Vol. 3, No. 5, pp. 844–861.
18. Wayne L.G. Classification and identification of mycobacteria, *Amer. Rev. Resp. Dis.*, 1967, Vol. 96, pp. 88–95.
19. Szabo I., Vandra F. Classification des mycobacteries saprophytes, *Rev. Immunol.*, 1961, Vol. 25, No. 5–6, pp. 372–378.
20. Nagayama H., Konno K., Oka S. Formamidase in mycobacteria from other mycobacteria, *Nature*, 1961, Vol. 190, pp. 219–221.
21. Kilburn J.O., Silcox V.A., Kubica G.P. Differential identification of mycobacteria. V. The tellurite reduction test, *Amer. Rev. Respir. Dis.*, 1969, Vol. 99 (1), pp. 94–100.
22. Kestle D., Abolt V., Kubica G. Differential identification of mycobacteria. II. Subgroups of groups II and III (Runyon) with different clinical significance, *Amer. Rev. Resp. Dis.*, 1967, Vol. 95, pp. 1041–1052.

РОЛЬ АРАБИНОГАЛАКТАНА И ДИГИДРОКВЕРЦЕТИНА В ЛЕЧЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ ПО ДАННЫМ ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.А. Углов, кандидат биологических наук

Е.В. Бородай, ведущий научный сотрудник отдела научной информации, патентоведения и метрологии

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН

E-mail: borodajelena@yandex.ru

Ключевые слова: патенты, арабиногалактан, дигидрокверцетин, гельминтозы, фармакология.

Реферат. Представлены основные мировые тенденции патентования препаратов с использованием арабиногалактана (АГ) и дигидрокверцетина (ДКВ) для лечения паразитарных и незаразных заболеваний сельскохозяйственных животных. Определен пик патентной активности – 2019 г. Установлена ведущая роль изобретателей РФ в изучаемой проблеме. Они патентуют преимущественно комплексные лекарственные препараты с АГ и ДКВ, повышающие биодоступность действующего вещества и снижающие токсичность, что в итоге позволяет уменьшить дозы препаратов. Показана роль клатратных комплексов АГ с другими лекарственными композициями в лечении животных. Обосновано преимущество комплексных препаратов в сравнении с оригинальными. Приведен вклад отечественных изобретателей в патентование лекарств для лечения гельминтозов. Среди незаразных заболеваний чаще патентуются лекарственные средства для лечения гепатозов. Указана роль АГ и ДКВ в повышении продуктивности животных или их репродуктивной функции. Приведены зарубежные изобретения, направленные преимущественно на лечение незаразных заболеваний, улучшение здоровья животных, повышение усвояемости корма.

THE ROLE OF ARABINOGLACTAN AND DIHYDROQUERCETIN IN THE TREATMENT OF FARM ANIMALS BASED ON PATENT RESEARCH

V.A. Uglov, Candidate of Biological Sciences

E.V. Boroday, Leading Researcher of the Department of Scientific Information, Patent Science and Metrology

Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the RAS

Key words: patents, arabinogalactan, dihydroquercetin (DHQ), helminthoses, pharmacology.

Abstract. In this article the author presented the main world trends in the patenting of preparations using arabinogalactan (AG) and dihydroquercetin (DHQ) for the treatment of parasitic and non-communicable diseases of farm animals. A peak in patent activity was identified in 2019. The leading role of Russian inventors in the problem under study has been established. They patent primary complex drugs with AG and DHQ that increase the bioavailability of the active ingredient and reduce toxicity, resulting in lower drug doses. The author showed the role of AG clathrate complexes with other drug compositions in the treatment of animals. And the author has also substantiated the advantage of complex drugs in comparison with the original ones. The contribution of domestic inventors to the patenting of medicines for the treatment of helminth infections is presented. Among non-communicable diseases, medicines for the treatment of hepatoses are more frequently patented. The role of AG and DHQ in improving animal productivity or reproductive function is indicated. Foreign inventions are presented, aimed mainly at the treatment of non-communicable diseases, improving the health of animals, and increasing the digestibility of feed.

Доступным сырьем для получения арабиногалактана (АГ) и дигидрокверцетина (ДКВ) в нашей стране является древесина лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Led.) или лиственницы Гмелина (*Larix gmelini* Rupr.) Практически неисчерпаемое сырье и доступная технология их производства открывают широкие перспективы использования АГ и ДКВ в ветеринарии и животноводстве.

Арабиногалактан – получаемый преимущественно из древесины лиственницы полисахарид низкой молекулярной массы – 9000–20000 дальтон, который практически до 10 раз эффективнее для организма. АГ – источник диетических водорастворимых волокон, жизненно необходимых для функционирования кишечной микрофлоры. Это длинноцепочечный растворимый полисахарид, состоящий из звеньев моносахаридов галактозы и арабинозы. Он обладает высокой иммуномодулирующей, пробиотической, гиполипидемической, гепатопротекторной активностью. Ему также свойственна хорошая растворимость в холодной воде и низкая токсичность. Установлено влияние АГ, выделенного из пшеничной муки, на нормализацию работы сердечно-сосудистой системы [1]. Биохимическая сущность его действия связана с повышением растворимости в воде и биодоступности применяемых лекарственных препаратов, что позволяет снизить их дозы и тем самым уменьшить токсичность для организма животного. Особенность разветвленной структуры и наличие в них многочисленных концевых галактозных и арабинозных групп АГ способствуют образованию прочных межмолекулярных комплексов лекарственных препаратов в пространстве, образованном боковыми цепями [2]. Применение АГ в ветеринарии особенно актуально в связи с запретом использования в животноводстве ряда антибиотиков.

Дигидрокверцетин (ДКВ) получают преимущественно из комплевых частей лиственницы сибирской, он также присутствует в ели сибирской (кедре). Он относится к фенольным антиоксидантам натурального происхождения, или биофлавоноидам. ДКВ относится к 6-му классу опасности, что гарантирует его абсолютную нетоксичность. Он отличается от всех известных биофлавоноидов высокой фармбиологической активностью, обладает высокой антиоксидантной активностью, противовоспалительными, противоотечными и гепатопротекторными свойствами [3, 4].

Многочисленными исследованиями в РФ и за рубежом показана высокая эффективность комплексных лекарственных средств с АГ и/или ДКВ в лечении различных заболеваний сельскохозяйственных животных. Основным направлением инноваций в данной области является создание новых препаратов на основе уже существующих лекарственных форм путем получения мелкодисперсных соединений, повышения их растворимости, включения в них вспомогательных веществ, стабилизаторов и полимеров, повышающих биодоступность, а также использования химических, механических и других методов и приемов [5–7]. Улучшение фармакологических свойств препаратов достигается за счет их направленного транспорта в заданную область, органы или клетки, а также контроля скорости, времени и места действия лекарственного средства в организме. Адресная доставка препаратов (Drug Delivery System) в последние годы становится доминирующей.

В Иркутском государственном аграрном университете разработан ветеринарный препарат на основе биологически активных соединений биомассы лиственницы сибирской. Испытания препарата на молодняке крупного рогатого скота показали его высокую профилактическую и лечебную эффективность [8].

Клатратные комплексы арабиногалактана и гуммиарбика обеспечивают улучшение физико-химических свойств лекарственных средств, благодаря чему они могут быть использованы для повышения их биодоступности за счет увеличения всасываемости препаратов, что в конечном итоге позволяет снизить дозы применяемых средств.

Известны исследования физических и биохимических свойств биокомпозитов арбидола и ремантадина с АГ. Установлено, что дозы вводимых препаратов могут быть существенно снижены при сохранении адекватного уровня противовирусных немодифицированных препаратов [9].

В колхозе «Ленинский путь» Самарской области на 37 овцах, спонтанно инвазированных нематодиусами и другими видами желудочно-кишечных стронгилят, испытаны новые лекарственные формы альбендазола и фенбендазола с АГ. Супрамолекулярный комплекс альбендазола с арабиногалактаном в дозе 1,0 мг/кг показал 100 %-ю эффективность. Комплекс альбендазола с хитозаном проявил 87,5 %-ю экстенсивную эффективность и 98,4 %-е снижение числа яиц нематод в фекалиях [10].

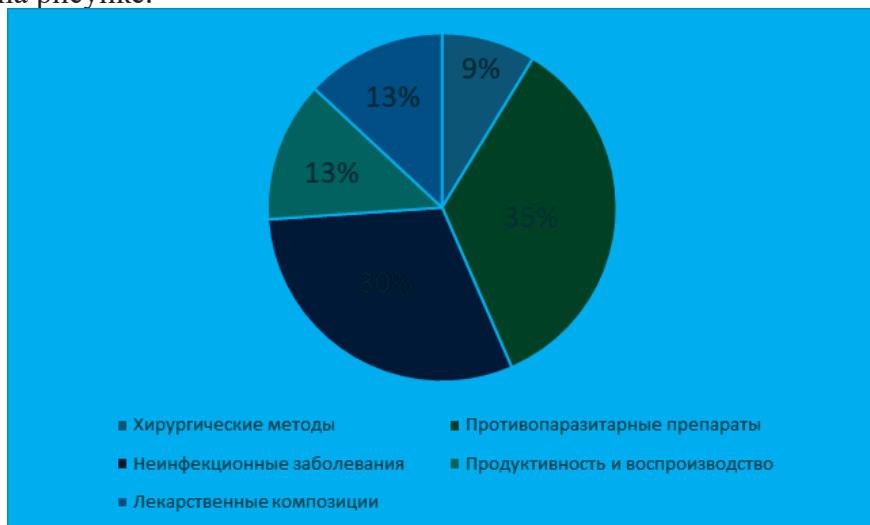
Наряду с изучением фармакологической активности АГ и ДКВ ведутся актуальные работы по влиянию данных БАВ на молочную и мясную продуктивность крупного рогатого скота, свиней [11–14]. Известны данные о высокой активности растительных биофлавоноидов в птицеводстве и прудовом рыбоводстве. Изложенные в указанных исследованиях отдельные инновационные решения запатентованы.

Целью нашей работы являлось изучение патентной информации и определение основных мировых тенденций в использовании арабиногалактана и дигидрокверцетина в лечении сельскохозяйственных животных.

Объектами исследований служили отечественные и зарубежные патенты, выделенные по базе ФИПС, Espacenet, WIPO, PUBMED, GOOGLE. Методы исследований: сравнительно-аналитические: систематизация патентов по приоритетным способам лечения различных заболеваний животных, временные интервалы патентования, страны-патентообладатели. Всего изучено 325 патентных источников. Выделено для анализа 23 патента, в том числе 5 зарубежных. Исследованные патенты относятся к классу A61/K – средства для терапевтических, стоматологических или гигиенических целей.

Интерес к использованию АГ и ДКВ в лечении сельскохозяйственных животных отмечается с 2005 г. Устойчивой динамики патентования по годам не установлено, пик активности приходится на 2019 г., что может быть связано с расширением знаний о повышении фармакологической активности комплексов с АГ и ДКВ (8 патентов на изобретение).

Направления использования АГ и ДКВ в лечении сельскохозяйственных животных представлены на рисунке.



Направления использования АГ и ДКВ в лечении сельскохозяйственных животных

Анализ патентов по поставленным задачам позволил установить преимущество изобретений, направленных на лечение паразитарных заболеваний сельскохозяйственных животных. Основным направлением научных исследований в данной области является создание новых антигельминтных препаратов. Другим направлением инноваций является усиление активности существующих антигельминтиков путем комбинации их с мелкодисперсными соединениями, повышающими растворимость и биодоступность комплекса. Улучшение фармакологических свойств противопаразитарных препаратов достигается за счет их направленного действия в заданную область организма. Например, в RU 2699799 *Противопаразитарная композиция и способ ее применения для лечения паразитозов жвачных животных*, RU 2715432 *Противопаразитарное средство для лечения и профилактики животных вольным вскармливанием* запатентованы комплексные противопаразитарные препараты, включающие альбендазол, ивермектин и арабиногалактан. Введение АГ повышает биологическую биодоступность комплексов, расширяет арсенал противопаразитарных средств для лечения смешанных гельминтозов жвачных животных, повышает эффективность их лечения. Заявленные изобретения также позволяют повысить клиническую эффективность, снизить побочные эффекты за счет снижения терапевтической дозы, расширить спектр действия препарата. В RU 2640482 *Супрамолекулярный комплекс триклабендазола для лечения животных при фасциолёзе* запатентован эффективный противопаразитарный комплекс для лечения фасциолеза крупного и мелкого рогатого скота. Фасциолез существенно снижает продуктивность животных, пораженные им печень и другие внутренние органы не допускаются в пищу и утилизируются. Использование препарата в животноводстве будет способствовать снижению значительного экономического ущерба. RU 2732293 *Супрамолекулярный антигельминтный комплекс для лечения и профилактики животных при основных гельминтозах* запатентован супрамолекулярный антигельминтный комплекс, который характеризуется повышенной растворимостью в воде, широким спектром антигельминтного действия против преимагинальных и имагинальных форм паразита и позволяет в 5 раз уменьшить терапевтическую дозу, что улучшает состояние здоровья животных.

В следующую группу изобретений входят лекарственные композиции АГ с различными компонентами, обеспечивающие в итоге комплексное действие на организм животных. Например, в RU 2337710 *Водорастворимая лекарственная композиция и способ ее получения* и RU 2451680 *Клатратный комплекс циклодекстрина или арабиногалактана с 9-фенил-симм-октагидроселеноксантеном, способ его получения (варианты), фармацевтическая композиция и лекарственное средство* запатентованы композиции, обладающие повышенной растворимостью, которые увеличивают активность лекарственных средств, способствуют снижению побочных эффектов в результате их применения.

В меньшей степени патентуются изобретения, направленные на лечение незаразных заболеваний (маститы, гепатозы, хирургические нарушения), например RU 2669929 *Препарат для лечения коров, больных маститами, и способ его приготовления*. Животноводство терпит значительный экономический ущерб от гепатозов крупного рогатого скота вследствие падежа, снижения продуктивности и резистентности, поэтому решения по лечению гепатозов, запатентованные в RU 2680393 *Инъекционное средство для лечения гепатозов у крупного рогатого скота*, являются весьма актуальными. Подобные изобретения обеспечивают профилактику кетоза, возможность улучшения клинического состояния животных, нормализацию уровня гепатоиндикаторных ферментов, нормализацию размеров и структуры печени, а также повышение сохранности поголовья, повышение молочной продуктивности.

В отдельных случаях патентуются способы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных (RU 2600698 *Способ повышения продуктивности*

молодняка сельскохозяйственных животных) или улучшения их репродуктивной функции (*RU 2489142 Средство для улучшения репродуктивной функции*). В последние годы в РФ ведутся интенсивные исследования по применению при выращивании телят и поросят АГ и ДКВ, обладающих широким спектром иммунобиологической активности. Использование недорогих и эффективных БАД как самостоятельно, так и в составе комбикорма в период после отъема молодняка сельскохозяйственных животных создает условия для снижения стрессовых факторов в этот критический период жизни животных, вызывающих развитие патологических процессов в их организме. Результаты исследований запатентованы в *RU 2600698 Способ повышения продуктивности молодняка сельскохозяйственных животных*, *RU 2498612 Кормовая добавка для высокопродуктивных коров «Биоэффект-корова» с гепатопротекторным и иммуностимулирующим действием*. В качестве кормовой добавки предлагается использовать экстракт биологически активных веществ, полученный водной экстракцией отходов лесозаготовки и переработки (отходы древесины и кора) лиственницы сибирской без очистки и выделения основных компонентов экстракта (арабиногалактана и дигидрокверцетина), что существенно удешевляет процесс получения такой добавки. Использование предлагаемой добавки позволяет значительно увеличить среднесуточные приросты телят до – 31,2 %, а поросят-отъемышей – на 37 % по сравнению с контролем и повышает экономическую эффективность выращивания молодняка.

Иностранные авторы чаще патентуют изобретения, направленные на лечение незаразных заболеваний (преимущественно гепатозов). Улучшение здоровья животных, повышение усвоемости корма (*MX 2017014894, CA 3133602, US 20180125913 Essential oil compositions and applications utilizing essential oils. Композиции эфирных масел и области применения с использованием эфирных масел*, *CN 108653267 Applications of dihydroquercetin in preparing medicines for protecting drug-induced acute liver injury. Применение дигидрокверцетина по созданию лекарственных препаратов для лечения печени*). Обращает на себя внимание *KR 20030035974 Europrotective composition comprising an extract from opuntia ficus-indica and compounds isolated therefrom. Нейропротекторная композиция, содержащая экстракт из опунции фикс-индика и соединения, выделенные из нее*, в котором запатентован оригинальный препарат с широким спектром действия, позволяющий ингибировать нейротоксические расстройства у животных, снижать риски развития ишемии мозга, профилактировать развитие инфаркта миокарда.

Таким образом, на основе патентных исследований выявлено, что большинство изобретений направлено на лечение гельминтозов сельскохозяйственных животных с использованием арабиногалактана и дигидрокверцетина. Ограниченнное количество патентов, выделенных в поисковых базах, свидетельствует о необходимости продолжения исследований по изучению роли АГ и ДКВ в лечении сельскохозяйственных животных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Lim S.H., Han M.J., Lee Y.M. Protective effects of arabihogalactan-peptide isolated from wheat flour against myocardial injury in an ischemia // Preventive nutrition and food.* – 2018. – N 23 (4). – P. 309–316.
2. *Дигидрокверцетин и арабиногалактан – природные биорегуляторы в жизнедеятельности человека и животных, применение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: монография / Ю.П. Фомичев, Л.А. Никанова, В.И., Дорожкин [и др.] – М.: Научная библиотека, 2017. – 702 с.*
3. *Фомичев Ю.П., Никанова Л.А., Лашин С.А. Дигидрокверцетин и арабиногалактан - природные биорегуляторы, применение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / Ю.П. Фомичев, Л.А. Никанова, С.А. Лашин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3. – С. 21–32.*

4. Шаманаев А.Ю. Исследование фармакологической активности композиций дигидрокверцетина и арабиногалактана (экспериментальное исследование): автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Томск, 2015. – 112 с.
5. Душкин А.В., Сунцова Л.П., Халиков С.С. Механохимическая технология для повышения растворимости лекарственных веществ // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1 (ч. 2) – С. 448–457.
6. Механохимическая модификация свойств антигельминтных препаратов / С.С. Халиков, М.С. Халиков, Е.С. Метелева [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. – Т. 19, № 6. – С. 699–703.
7. Метелева Е.С. Механохимическое получение и свойства композиций полисахаридов и малорасстворимых лекарственных веществ: автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Новосибирск, 2010. – 139 с.
8. Разработка ветеринарных препаратов на основе биологически активных соединений лиственницы: Отчет о НИР (окончательный). – Иркутск, 2018. – 99 с.
9. Бабкин В.А. Теоретические основы и практические разработки новых препаратов для медицины на основе экстрактивных веществ биомассы лиственницы // Химия растительного сырья. – 2014. – № 3. – С. 111–119.
10. Эффективность супрамолекулярных комплексов антигельминтиков при желудочно-кишечных стронгилязах овец в производственных условиях / А.И. Варламова, В.А. Долгошев, К.М. Садов [и др.] // Российский паразитологический журнал. – 2015. – № 1. – С. 71–74.
11. Колесников А.В. Влияние Дигидрокверцетина и Воднита на адаптационную способность телят черно-пестрой породы в условиях Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2014. – 19 с.
12. Краснова О.А. Повышение молочной и мясной продуктивности крупного рогатого скота при использовании биологически активных веществ: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Ижевск, 2017. – 285 с.
13. Хардина Е.В. Влияние дигидрокверцетина и ионола на рост, развитие и мясную продуктивность бычков черно-пестрой породы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Ижевск, 2013. – 116 с.
14. Никанова Л.А., Фомичев Ю.П. Биопротекторное действие ДКВ и АГ в ослаблении влияния экстремальных факторов среды на организм свиней // Сб. науч. тр. ФГБНУ СКНИИЖ. – 2016. – № 2. – С. 273–277.

REFERENCES

1. Lim S.H., Han M.J., Lee Y.M. Protective effects of arabinogalactan-peptide isolated from wheat flour against myocardial injury in an ischemia, *Preventive nutrition and food*, 2018, No. 23 (4), pp. 309–316.
2. Fomichev Yu.P., Nikanova L.A., Dorozhkin V.I., Torshkov A.A., Romanenko A.A., Es'kov E.K., Semenova A.A., Gonockij V.A., Dunaev A.V., Yaroshevich G.S., Lashin S.A., Stol'naya N.I., *Digidrokvercetin i arabinogalaktan – prirodnye bioregulyatory v zhiznedeyatel'nosti cheloveka i zhivotnyh, primenie v sel'skom hozajstve i pishchevoj promyshlennosti* (Dihydroquercetin and arabinogalactan are natural bioregulators in human and animal life, used in agriculture and food industry), monografiya, Moscow, Nauchnaya biblioteka, 2017, 702 p.
3. Fomichev Yu.P., Nikanova L.A., Lashin S.A., *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, No. 3, pp. 21–32. (In Russ.)
4. Shamaev A.Yu. *Issledovanie farmakologicheskoy aktivnosti kompozicij digidrokvercetina i arabinogalaktana (eksperimental'noe issledovanie)* (Investigation of the pharmacological activity of dihydroquercetin and arabinogalactan compositions (experimental study)), Extended abstract of candidate's thesis, Tomsk, 2015, 112 p. (In Russ.)
5. Dushkin A.V., Suncova L.P., Halikov S.S., *Fundamental'nye issledovaniya*, 2013, No. 1, part, pp. 448–457. (In Russ.)
6. Halikov S.S., Halikov M.S., Meteleva E.S., Gus'kov S.A., Evseenko V.I., Dushkin A.V., Buranbaev B.S., Fazlaev R.G., Galimova V.Z., Galiullina A.M., *Himiya v interesah ustojchivogo razvitiya*, 2011, Vol. 19, No. 6, pp. 699–703. (In Russ.)

7. Meteleva E.S. *Mekhanohimicheskoe poluchenie i svojstva kompozicij polisaharidov i malorastvorimykh lekarstvennyh veshchestv* (Mechanochemical preparation and properties of compositions of polysaccharides and poorly soluble medicinal substances), Extended abstract of candidate's thesis, Novosibirsk, 2010, 139 p. (In Russ.)
8. *Razrabotka veterinarnyh preparatov na osnove biologicheski aktivnyh soedinenij listvennicy: Otchet o NIR (okonchatel'nyj)* (Development of veterinary drugs based on biologically active compounds of larch), Research Report, Irkutsk, 2018, 99 p.
9. Babkin V.A. *Himiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, No. 3, pp. 111–119. (In Russ.)
10. Varlamova A.I., Dolgoshev V.A., Sadov K.M. Belova E.E., Glamazdin I.I., Halikov S.S., Chistyachenko Yu.S., Dushkin A.V., Durdusov S.D., Arhipov I.A., *Rossijskij parazitologicheskij zhurnal*, 2015, No. 1, pp. 71–74. (In Russ.)
11. Kolesnikov A.V. *Vliyanie Digidrokvercetina i Vodnita na adaptacionnuyu sposobnost' telyat cherno-pestroj porody v usloviyah Srednego Povolzh'ya* (The influence of Dihydroquercetin and Vodnite on the adaptive ability of black-and-white calves in the conditions of the Middle Volga region), Extended abstract of candidate's thesis, Moscow, 2014, 19 p. (In Russ.)
12. Krasnova O.A. *Povyshenie molochnoj i myasnoj produktivnosti krupnogo rogatogo skota pri ispol'zovanii biologicheski aktivnyh veshchestv* (Increase of dairy and meat productivity of cattle with the use of biologically active substances), Extended abstract of Doctor's thesis, Izhevsk, 2017, 285 p.
13. Hardina E.V. *Vliyanie digidrokvercetina i ionola na rost, razvitiye i myasnyu produktivnost' bychkov cherno-pestroj porody* (The effect of dihydroquercetin and ionol on the growth, development and meat productivity of black-and-white bulls), Extended abstract of candidate's thesis, Izhevsk, 2013, 116 p.
14. Nikanova L.A., Fomichev Yu.P., Sb. nauch. tr. FGBNU SKNIIZH, 2016, No. 2, pp. 273–277. (In Russ.)



РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ, АГРОХИМИИ, СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВЕ

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, BREEDING AND SEED PRODUCTION

УДК 628.987

DOI:10.31677/2311-0651-2022-35-1-108-120

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТОДИОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

¹**П.А. Лях**, младший научный сотрудник

¹**К.А. Колошина**, младший научный сотрудник

¹**К.И. Попова**, младший научный сотрудник

²**А.А. Лях**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник

¹*Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции –
филиал Федерального исследовательского центра Институт цитологии и генетики
Сибирского отделения РАН*

²*Новосибирский государственный аграрный университет*

E-mail: pavelljakh@mail.ru

Ключевые слова: салат, капуста белокочанная, лук репчатый, тюльпан, петрушка, картофель, пшеница, сладкий перец, томат, земляника садовая, юкка слоновая, сосна, ель, голубика, малина, земляника.

Реферат. В настящую эпоху развития сити-фермерства, лабораторий светокультуры, тепличных хозяйств искусственное освещение является одним из главных условий при выращивании культур. Моделируя спектральный состав излучения и величину облученности, можно управлять процессами в растениях в соответствии с поставленными целями: сокращать вегетационный и генеративный периоды, стимулировать цветение, увеличивать выход биомассы, корневую массу и массу корнеплода. Вследствие этого интеллектуальный эмпирический подбор и имитирование наиболее эффективного источника света, величины облученности, а также спектральной составляющей для конкретной культуры и направления выращивания является актуальной задачей. В обзоре представлен анализ исследований влияния спектров света с различными длинами волн, а также интенсивности их излучения на фотосинтез и фотоморфогенез наиболее часто выращиваемых в светокультуре видов растений. Собранные данные позволяют сделать заключение о световых волнах, наиболее подходящих для культур при разных методах выращивания. Эта информация будет очень полезна для оценки типов искусственного освещения в различных методах культивирования и дальнейших опытах.

INFLUENCE OF THE SPECTRAL COMPOSITION OF LED RADIATION ON PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT

¹P.A. Lyakh, Junior Researcher

¹K.A. Koloshina, Junior Researcher

¹K.I. Popova, Junior Researcher

²A.A. Lyakh, Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher

¹Siberian Research Institute of Plant Industry and Breeding - a branch of the Federal Research Center
Institute of Cytology and Genetics,
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

²Novosibirsk State Agrarian University

Key words: *lettuce, white cabbage, onion, tulip, parsley, potato, wheat, sweet pepper, tomato, garden strawberry, elephant yucca, pine, spruce, blueberry, raspberry, strawberry.*

Abstract. Nowadays, artificial light is one of the main conditions for growing crops in today's world with the development of city farming, light-culture laboratories and greenhouses. By modelling the spectral composition of the radiation and the irradiance value, it is possible to control plant processes by modelling the spectral composition of the radiation and the irradiance value according to the desired objectives. Such as shortening the vegetative and generative periods, stimulating flowering, increasing the biomass, root mass and root mass of root crops. As a consequence, the relevant task is the intelligent empirical selection and simulation of the most efficient light source, irradiance value as well as spectral component for a specific crop and cultivation direction. In this review, the authors presented an analysis of the effects of light spectra at different wavelengths and their intensity on photosynthesis and photomorphogenesis of the most commonly grown plant species in light culture. The data collected allow conclusions to be drawn about the light wavelengths most suitable for crops under different cultivation methods. This information will be very useful for evaluating the types of artificial light in different cultivation methods and further experiments.

Первыми в опытах с искусственным освещением растений были лампы накаливания, однако из-за большой доли лучей в инфракрасном (ИК) диапазоне и, как следствие, низкого КПД их использование не нашло широкого применения [1]. Позднее для выращивания растений в производственных теплицах, лабораториях, а также в тепличных хозяйствах стали использовать газоразрядные натриевые лампы высокого и низкого давления, а также металлогалогенные лампы ДРИ.

Равномерная освещённость растений в теплице достигается с помощью рефлекторов и различных отражателей. Продуктивность системы электрического освещения определяется спектральным составом источника света, уровнем освещённости и коэффициентом полезного действия, влияющим на эксплуатационные расходы.

Для осуществления фотосинтеза необходимы излучения в области фотосинтетически активной радиации (ФАР). Скорость фотосинтеза у растений изменяется при различном спектральном составе света, и отсутствие в излучении ламп отдельных участков спектра может привести к нарушению нормального роста растений при их длительном выращивании. Дело в том, что у всех зеленых растений максимумы поглощения хлорофилла находятся в синей (440 нм) и красной (660 нм) областях спектра, а минимум — в зелено-желтой (500–600 нм). На определенных стадиях роста и развития растений требуются различные участки видимого света в диапазоне 400–700 нм. На стадии цветения может оказаться продуктивным добавление желтого, красного и ИК-спектров. В период плодоношения и созревания для некоторых видов растений возрастает роль зеленого света (огурцы, томаты). Спектр газоразрядных ламп лишь частично заменяет спектр, необходимый для роста и развития растений. Несмотря на все возрастающую потребность в источниках излучения для теплиц и фитотронов, до сих пор

не созданы высокоэффективные растениеводческие лампы, которые должны иметь не только высокий КПД, но и благоприятный для растений стабильный спектральный состав света [2].

В настоящее время теплицы представляют собой сложные технические комплексы, в которых в основном для искусственной досветки используют газоразрядные ртутные и натриевые лампы, имеющие максимумы пиков излучения в области 550–600 нм (желтый свет) и 450 нм (синий свет) [3].

Развитие полупроводниковых технологий привело к созданию новых узкополосных источников света – сверхярких светодиодов (СД, led) с пиками излучения в строго определенных областях спектра [4].

Светодиоды представляют собой кристаллические полупроводники, залитые и не залитые специальным люминофором, при прохождении через кристалл электрического тока они начинают испускать световые волны в определенной части спектра, характерной для каждого вида кристалла и люминофора. Они также обладают рядом технических преимуществ перед другими источниками освещения: экономичность, долговечность, малый нагрев и пожаробезопасность. Благодаря применению технологии люминофоров можно еще более разнообразить спектральную составляющую в led-светильниках, и при условии научного обоснования выбора оптимальных цветовых комбинаций для конкретных видов и сортов растений можно выявить различия в формировании фотосинтетического аппарата и урожайности, что является перспективным направлением в интенсивной светокультуре, а также позволяет создать оптимальный спектр для освещения различных видов растений, выращиваемых в лабораториях *in vitro*, *x vitro*, сити-фермерских хозяйствах, создаваемых в настоящее время по всему миру [5, 6].

Целью представленного обзора является определение механизмов воздействия разных спектральных составляющих света на морфологию, урожайность и биохимию растений в светокультуре. Полученные в ходе исследования результаты найдут свое применение при выборе оптимальных световых характеристик для искусственного выращивания растений в контролируемых условиях.

Один из таких экспериментов [7] проводили в лабораторных условиях. Культивировали салат (*Lactuca sativa*) (сорт Кучерявец одесский), капусту белокочанную (*Brassica*) (сорт Слава 1305), лук репчатый (*Allium cepa* L.) (сорт Штутгarter ризен), растения помещали под светодиодные светильники с различным спектром:

1. Набор светодиодов (красный, синий, оранжевый).
2. Набор светодиодов (красный, синий, оранжевый, белый).
3. Набор светодиодов (красный, синий, призмы).
4. Естественное освещение (контроль).

Каждое растение взвешивали, делали замер площади листьев, определяли процент сухого вещества и чистую продуктивность фотосинтеза по Ничипоровичу.

Установлено, что сухая масса при выращивании салата на товарную продукцию под третьем набором светодиодов составляла в среднем 0,70 г, а в контроле – 0,1 г, т.е. отмечалась разница в урожайности в 7 раз.

Продуктивность белокочанной капусты при естественном освещении (контроль) была в среднем 0,31 г, максимальная урожайность достигнута в спектре 3-го варианта и составила 2,54 г, что в 8,2 раза превышало контроль. Было выяснено, что накопление сухого вещества в биомассе растений зависит от спектра светодиодных светильников. Содержание сухого вещества разнилось от 7,42 % в контроле до 9,50 % в варианте 3.

Исследования показали, что биохимический состав лука зависел от спектра светодиодных светильников. При анализе обнаружили, что наивысшее количество витамина (С) накапливали листья лука в варианте 2 – 22,80 мг %, наименьшее – в контролльном варианте – 15,56 мг %.

Разница составила 1,5 раза. Содержание сахара в листьях лука варьировало от 3,67 % в варианте 2 до 1,27 % в варианте 1. Разница между вариантами по этому показателю составила 2,9 раза. Опыты показали, что наибольшее количество сухого вещества накапливали листья лука в варианте 3 (9,06 %), наименьшее – в варианте 2 (8,07 %). Разница по данному показателю составила 1,2 раза.

Выявлена зависимость развития растений от спектральной составляющей. Капуста белокочанная и салат лучше развивались под комбинацией светодиодов «красный, синий + призмы». Опыты показали, что лучший по качеству лук на перо вырос при наборе светодиодов с красным, синим, оранжевым и белым спектром, он показал наибольшее накопление витамина С.

Таким образом, можно сделать предварительные выводы, что светодиодные светильники с определенным спектром излучения могут служить альтернативным источником освещения растений при выращивании в защищенном грунте, положительно влияют на рост биомассы, накопление сухого вещества, изменение биохимических показателей в сторону улучшения вкусовых качеств растений, а следовательно, на пищевую ценность и получение существенного экономического эффекта.

Группа авторов [8] исследовала возможность применения узкополосного светодиодного излучения и проанализировала его эффективность в процессе выращивания тюльпанов (*Tulipa*) сорта Стронг Голд. Были исследованы следующие варианты излучения:

1. 70 % спектра – красный (узкополосный), 30 % – синий.
2. 59 % красного спектра, 25 – синего, 8 % – УФ и ИК.

3. Естественный свет, однако перед посадкой на каждую из луковиц тюльпанов был нанесен фунгицид Максим.

4. Естественный свет без дополнительных операций.

В рамках данной работы авторы изучили большинство морфофизиологических реакций, которые наблюдались при каждом из вышеперечисленных вариантов освещения. Они пришли к выводу, что узкополосное светодиодное облучение оказывает существенное воздействие на биометрические характеристики выращиваемого сорта тюльпанов. В вариантах 1 – 2 развитие луковиц было существенно более быстрым, чем в 3-м и 4-м: размер выросших листьев был на 17–32 (для 1-го варианта) и 3–25 % (для 2-го варианта) больше, так же как и длина генеративного побега – на 15–20 см выше, чем у контрольных. Растения не сгибались, не вытягивались, имели прочный цветонос. Авторы статьи отметили, что ускорение роста не сказалось на товарном виде продукции, а наоборот, тюльпаны имели бутоны намного большего размера и их окраска была намного ярче в сопоставлении с 3-м и 4-м вариантами.

Таким образом, полученные данные позволяют с уверенностью сказать, что применение светодиодов для выращивания тюльпанов дает заметное ускорение ростовых процессов, а также улучшает цветовую гамму растений и позволяет быстрее получить цветочную продукцию высокого качества.

С.А. Ракутько, Е.И. Ракутько [9] проведены исследования, касающиеся анализа процессов развития петрушки (*Petroselinum crispum*) под разным спектральным составом излучения. В рамках данного опыта были изучены следующие варианты излучения:

1. 33,2 % – красный, 32,4 – синий и 34,2 % – зеленый спектр.
2. 74,2 % – красный, 15,7 – синий и 9,8 % – зеленый спектр.

Уровень фотонной облученности составлял 50 мкмоль/с•м² в обоих вариантах.

В ходе эксперимента проводился анализ полученных образцов по следующим критериям: длина растения, число и масса листьев, процентное содержание сухого вещества.

Растения петрушки, выращиваемые под спектром излучения 1-го варианта, имели более крепкий и пушистый вид, большее количество листьев в розетке, большую сырую массу

листьев и большее содержание сухого вещества в листьях несмотря на несколько меньшую длину листа. Было отмечено, что увеличение общей длины листьев у растений петрушки, выращиваемых под спектром 2-го варианта, приближенного к относительной спектральной эффективности фотосинтеза в зеленом листе растения, происходит за счет вытягивания черешка при сохранении пропорций оставшейся части листа.

Практически важным является выявление зависимости показателей продуктивности светокультуры от начальной массы корнеплода. Для выяснения этого вопроса был проведен корреляционный анализ. Выявлено, что при спектре 1-го варианта наблюдается слабая положительная корреляция исходной массы корнеплодов и количества листьев в розетке. Сырая масса листьев практически не коррелировала с исходной массой корнеплодов. При спектре 2-го варианта исходная масса корнеплодов оказывает большее влияние на сырую массу листьев.

Проведенные исследования показали, что при низком уровне облученности эффективность выгонки петрушки существенно зависит от спектрального состава излучения. Это дает основания к поиску комбинаций светодиодов, которые обеспечат максимальную эффективность выгонки при минимальных затратах на освещение.

Исходя из результатов, можно сделать вывод, что рекомендуемые некоторыми производителями для светокультуры облучатели, состоящие только из комбинации синих и красных светодиодов (с большей долей красного излучения), не являются оптимальными для выгонки петрушки.

В работе Ю.Ц. Мартиросян и др. [10] опубликованы результаты исследований светодиодных облучателей на процессы роста и активность фотосинтетического аппарата у растений картофеля сорта Невский. В ходе проведения эксперимента сравнивались лампы ДНаТ, светодиодные облучатели с максимумами излучения 660 + 450 нм (2 : 1) и светодиодные облучатели с максимумами излучения 630 + 470 нм (2 : 1). Интенсивность освещения на высоте верхних листьев растений 240–280 мкмоль/с•м². Фотопериод составлял 16 ч.

В результате проведенного эксперимента было установлено, что растения, выращенные под лампами ДНаТ, показали наиболее высокую скорость роста, скорость фотосинтеза и массы клубней в сравнении со светодиодными облучателями с максимумами излучения 630 + 470 нм и 660 + 450 нм, но в конечном итоге урожайность растений под СД 660 + 450 стала сопоставима с таковой под лампами ДНаТ, что указывает на возможность использования светодиодных облучателей при выращивании растений картофеля в контролируемых условиях. Однако отсутствие в спектре облучения других участков видимого света, выполняющих важные регуляторные функции, ограничивает реализацию фотосинтетического потенциала растений. Для оптимизации роста и развития, получения максимального урожая необходимо, чтобы в спектре светодиодных облучателей были представлены все области видимого света с преобладанием красных, зеленых, синих и фиолетовых лучей, а также небольшая доля ультрафиолетового и инфракрасного света. Роль каждого из них в отдельности и в различных сочетаниях предстоит исследовать в дальнейших экспериментах.

Работа Т.В. Нионович и др. [11] проводилась на кафедре сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиоэкологии БГСХА. Объектами исследования выступали три белорусских сорта картофеля (*Solanum tuberosum L.*): раннеспелый Лилея, среднеранний Архидея и среднеспелый Скарб.

Для получения стабильно высоких урожаев картофеля важно использовать оздоровленный посадочный материал. Начальный этап современной системы семеноводства базируется на биотехнологических методах, основным из которых является получение из апикальных меристем свободных от инфекции растений и их размножение *in vitro*.

Главная задача при производстве оздоровленных растений картофеля – это увеличение коэффициента размножения и скорости отрастания после черенкования, поэтому вопрос необходимости оптимизации условий выращивания *in vitro* стоит достаточно остро.

Целью исследования являлось выявление сортовых различий у растений-регенерантов картофеля в культуре *in vitro* под влиянием спектрального состава света, определение изменчивых и стабильных признаков, а также выбор оптимального типа светильника для применения при микреклональном размножении в контролируемых условиях.

Черенки помещали по одному в пробирки для культивирования с искусственной питательной средой Мурасиге-Скуга. Источниками света являлись светодиодные светильники, в которых отношение ППФ (плотность потока фотонов) оранжево-красной полосы (607–694 нм) к ППФ синей полосы (400–495 нм) варьировало от 1 до 20. При этом доля ППФ в диапазоне 580–607 нм (желтый) варьировала от 13 до 22 %, а доля фотонов в диапазоне 495–580 нм (зеленый) – от 18 до 38 %. Всего испытано 12 вариантов освещения. В качестве контроля использовались люминесцентные лампы с ППФ $38,2 \pm 13,4$ мкмоль/с•м².

Проведенные исследования показали, что тип светильника оказывал достоверное значимое влияние на проявление морфологических признаков растений-регенерантов картофеля в культуре *in vitro*. Признаки, в наибольшей мере реагирующие на спектральный состав света, – площадь листовой пластинки, индекс формообразования растения-регенеранта и эффективный фотохимический квантовый выход ФСП. Для микреклонального размножения картофеля самым оптимальным типом светильника был вариант со спектральным соотношением красный/синий 1 к 3 и уровнем ППФ не менее 70,1 мкмоль/с•м², поскольку только он обеспечивал наибольшие средние значения признаков в сочетании с минимальными сортовыми различиями.

Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии спектрального состава и типа используемого излучателя на функциональные характеристики фотосинтетического аппарата при размножении растений картофеля в культуре *in vitro*.

В экспериментальной работе Е.П. Субботина и др. [12] объектами исследования являлись оздоровленные растения-регенеранты картофеля Рождественский и Снегирь. Для этого опыта использовали разработанный светодиодный источник света с имитацией солнечного спектра, излучение которого находилось в диапазоне 440 – 660 нм.

Исследовали 4 варианта фотосинтетически активного потока фотонов различной плотности: в 1-м варианте растения подвергались максимальному облучению – 382 мкмоль/с•м², в остальных вариантах пробирки помещали под индивидуальные светофильтры различной плотности, которые уменьшали уровень светового потока без изменения спектрального состава света. Эксперимент проводился 35 суток.

В контроле использовали люминесцентные лампы, которые имели ППФ 48,9 мкмоль/с•м². Проводили измерения биометрических показателей растений: высоты растения, размеров листа, количества листьев, сырой массы надземной части растений и корней.

Ход эксперимента показал, что при облучении 382 мкмоль/с•м² значения размерных признаков были близки к контрольным, но показатели количества листьев и сырой массы надземной части были ниже на 30 и 46 %.

При понижении интенсивности излучения почти в 1,5 раза – до 230,1 мкмоль/с•м² отмеченные значения высоты и сырой массы растений были соответственно в 2,8 и 1,9 раза ниже, чем показано для контрольных растений.

Наилучшие показатели роста и развития растений получены при облученности 135,5 мкмоль/с•м². Темпы прироста длины стеблей превышали контрольные значения в 2–3 раза. Растения при облучении искусственным солнечным светом имели большие по размеру листья и стебли, корневая система развита интенсивнее. В целом средняя сырая масса растений (зеленой и корневой массы) при облученности 135,5 мкмоль/с•м² составляла 0,55 г

против 0,34 г в контроле. Полученные результаты показали, что при интенсивности излучения 135,5 мкмоль/с•м² наряду с увеличением размеров растения и количества листьев происходит четырехкратное увеличение сырой массы корней по сравнению с обычными условиями культивирования, используемыми в светокультуре растений. Доля вклада корня в биомассу всего растения при этих условиях составляла 47,3 %, в то время как в контроле – 20,6 %.

На основании проведенных экспериментов можно сделать вывод о том, что выращивание растений-регенерантов (*Solanum tuberosum*) при искусственном освещении со спектром излучения, близким к спектру солнца в диапазоне частот 440–660 нм, и облученностью 135,5 мкмоль/с•м² увеличивает активность процессов роста, способствует повышению массы корней и интенсивному развитию надземной части, что в перспективе, вероятно, позволит сократить сроки вегетации, ускорить столонообразование и повысить урожайность безвирусных мини-клубней.

В работе И.В. Азизова и др. [13] использованы в экспериментах два сорта озимой пшеницы – Саратовская 29 (*Triticum aestivum* L.) и Баракатли 95 (*Triticum durum* Desf.).

Целью исследований являлось изучение влияния красного и синего освещения на проявление активности каталазы и аскорбатпероксидазы, а также анализ содержания белков и углеводов в листьях пшеницы сортов Саратовская 29 и Баракатли 95 в случае воздействия на нее NaCl. Растения выращивали в лабораторных условиях в водной среде, их покрывали прозрачными пленками, пропускающими свет при длинах волн 420–480 нм (синий свет) и 640–680 м (красный свет). Результатом данной работы стало получение следующих выводов:

- синее освещение оказывает стимулирующее влияние на процесс синтеза протеинов, препятствует формированию H₂O₂ при воздействии на культуру NaCl;
- красное освещение стимулирует процесс образования углеводов и также препятствует формированию H₂O₂ при воздействии на культуру NaCl.

Е.Н. Ракутко и др. [14] проводили исследования по воздействию спектра светодиодного излучения на уровень флюктуирующей асимметрии (ФА) растений сладкого перца (*Capsicum annuum*) сорта Богатырь. Меньшее значение ФА определяется большей стабильностью развития растения и соответственно наибольшей продуктивностью по сырой массе. Большие значения (ФА) означают, что растения находятся в неблагоприятных условиях.

В рамках данной работы были исследованы следующие варианты светодиодного излучения (для определенных зон):

- первая зона: 26,2 % – синий, 24,3 – зеленый 49,5 – красный, 3 % – дальний красный;
- вторая зона: 22,4 % – синий, 28,1 – зеленый, 49,5 – красный, 26,7 % – дальний красный;
- третья зона: 39,1 % – синий, 20,9 – зеленый, 40 – красный, 12,9 % – дальний красный.

В результате была получена достаточно высокая частота повторяемости асимметричных характеристик у перца, выращенного в различных условиях освещения.

Основным фактором повышенной стабильности развития растений перца в опыте следует признать использование источников с большей долей красного излучения относительно синего. При увеличении отношения красного к синему излучению в 2,2 раза величина ФА уменьшалась на 22–45 % в зависимости от диапазона, в котором определялись оптические плотности листьев. При этом наблюдалось увеличение массы растения на 26,2 %. Полученные в результате анализа показатели могут применяться с целью проведения оценки качества освещения, применяемого для роста растений перца.

В работе М.Н. Яковцевой, И.Г. Тараканова [15] объектом исследований были 8 отечественных и зарубежных сортов растений земляники садовой (*Fragaria x ananassa* Duch.), отбор сортов велся по принципу выбора самых высоких показателей хозяйственных признаков. В эксперименте принимали участие 3 ремонтантных длиннодневных сорта

(Фламенко, Елизавета II, Сельва) и 5 неремонтантных короткодневных сортов (Богема, Вечная весна, Говоровская, Ранняя плотная, Снежана).

Использовали 3 варианта светодиодных светильников:

1. 660 нм и 460 нм с соотношением красных и синих (СД) 2 : 1 (К : С 2 : 1) и плотностью потока фотонов 250 мкмоль/с•м².

2. 660 нм и 460 нм с соотношением красных и синих (СД) 8 : 1 (С 8:1) и плотностью потока фотонов 250 мкмоль/с•м².

3. Газоразрядные лампы ДНаЗ, 300 мкмоль/м²•с.

Проведенные исследования показали сортоспецифичную реакцию растений земляники садовой на спектр света. Освещение в варианте (К : С 2 : 1) с высокой долей синей составляющей в спектре вызвало задержку перехода к генеративному развитию короткодневных сортов (Богема, Ранняя плотная, Говоровская) на 1–2 недели по сравнению с остальными вариантами опыта. Этот вариант освещения способствовал увеличению удельной поверхностной плотности листьев и более интенсивному синтезу хлорофиллов а и б, содержание их было в 1,4–1,5 раза выше, чем в контроле. Растения имели компактный габитус, укороченные черешки листьев и цветоносы, рост вегетативных органов растений всех короткодневных сортов стал заторможенным, а также стала ингибироваться закладка вегетативных почек и вегетативных побегов. Высокая доля синего спектра приводила к уменьшению количественных показателей урожая у большинства короткодневных сортов и ремонтантного сорта Фламенко, а также к снижению содержания сухих веществ и сахаров в плодах и, напротив, приводила к увеличению содержания витамина С в плодах (Богема, Фламенко и Елизавета II) по сравнению с другими вариантами опыта.

Уменьшение доли синего спектра в световом потоке (К : С 8 : 1) способствовало более раннему переходу к генеративному развитию сортов Говоровская и Снежана, при этом у сортов Богема и Снежана в данном варианте наблюдалась вторая волна плодоношения, не характерная для короткодневных сортов земляники. Активнее шел биосинтез хлорофилла у сортов Богема, Фламенко и Сельва. Снижение доли синего спектра в световом потоке (К : С 8 : 1) привело к активному биосинтезу хлорофилла у сортов Богема, Фламенко и Сельва и значительному увеличению урожайности у сортов Вечная весна, Говоровская, Ранняя плотная и Снежана, показатели которых в данном варианте были максимальными и превышали контроль (НЛВД). Это способствовало также накоплению в плодах сухих растворимых веществ и сахаров. Напротив, у ремонтантных сортов земляники режим освещения с низкой долей синего света в спектре способствовал снижению содержания сахаров в зрелых плодах, показатели которых в 1,2–1,5 раза уступали контрольному варианту (сорта Фламенко и Елизавета II). Этот световой режим у всех сортов привел к снижению содержания аскорбиновой кислоты.

Таким образом, светодиоды являются перспективными источниками света для растений в условиях светокультуры. Однако для создания на их основе светильников, обеспечивающих адекватные условия освещения растений, необходимо дальнейшее исследование физиологических эффектов узкополосного освещения с учётом энергетической и регуляторной роли спектральных составляющих освещения.

Формирование продуктивности растений определяется процессами роста как на уровне целого растения, так и на тканевом, клеточном и других, более низких, уровнях организации фотосинтетического аппарата. Среди них весьма важным представляется изучение различных показателей мезоструктуры листа, которая весьма чувствительна к спектральному составу света, что может быть охарактеризовано показателями роста и клеточной дифференцировки ткани листа [16, 17].

Изменение мезоструктуры листьев рассматривается как существенное проявление регуляции фотосинтеза на морфогенетическом уровне, обеспечивающее оптимизацию и адаптацию фотосинтетического аппарата при разных экологических режимах.

А.Л. Немойкиной, Р.А. Карначук [17, 18] исследовано влияние света и гормонов на мезоструктуру листьев растений юкки слоновой (*Yucca elephantipes* R.) в культуре *in vitro*. В эксперименте использовали регенеранты высотой 2 см с 3 листьями и культивировали их с разным соотношением гормонов и без них (контроль).

Растения освещали белым (БС), красным (КС) и синим светом (СС), а также белым с красным (БС + КС) и белым с синим (БС + СС). Для всех ламп плотность потока квантов составляла 30 мкмоль/с•м².

Результаты показали, что разные комбинации спектра света способствуют изменению баланса эндогенных гормонов. Листья меняли свою мезоструктуру как при обработке экзогенными гормонами, так и при действии света через изменение баланса эндогенных гормонов. В среде культивирования *in vitro* освещение с присутствием красного спектра позволяет уменьшить вносимую концентрацию экзогенных ауксинов, а свет с долей синей части спектра вызывает повышение уровня эндогенных цитокининов, что дает возможным уменьшить концентрацию экзогенного БАП при освещении БС+СС.

Таким образом, правильный подход к освещению растений *in vitro* позволяет сэкономить на гормонах.

В Институте физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН проводили опыт [19] по воздействию света на морфогенез ассимилирующих органов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели европейской (*Picea abies* L.).

В каждой камере выращивания присутствовали светодиодные матрицы мощностью 50 Вт красного (660 нм) и синего света (465 нм), выровненные по плотности потока фотонов (150±30 мкмоль/с•м²). В контроле использовали люминесцентные лампы холодного света OSRAM L36W/765 (150±30 мкмоль/с•м²).

Проводили оценку темпов накопления биомассы, содержания хлорофилла а, б и каротиноидов, измеряли среднюю длину семядолей и хвои, а также подсчитывали их количество.

Анализ полученных данных показал, что при облучении красным светом 660 нм сеянцы исследуемых видов были сопоставимы по массе с контрольными растениями, но отличались от них более крупными хвоинками, семядолями и пониженным содержанием основных фотосинтетических пигментов. Действие красного света понижало содержание фотосинтетических пигментов у обоих видов растений в пределах 40–50 %. Это могло определяться меньшей потребностью в них у реакционных центров фотосистем в условиях избытка поглощенной световой энергии.

При облучении синим (465 нм) светом рост и развитие ели, напротив, значительно ингибировалось: растения имели наименьшую массу органов, тонкую хвою с высоким содержанием хлорофилла. Это могло быть обусловлено тем, что синий свет обладает максимальной энергией квантов потока, и его избыток негативно отразился на сеянцах хвои. Несмотря на это синий свет имеет большое значение как важный сигнальный фактор, действующий во множестве физиологических и онтогенетических процессов.

Таким образом, действие красного (660 нм) света явно продемонстрировало стимулирующее действие на удлинение хвои сеянцев сосны, но реакция на апикальную меристему, которая обеспечивает заложение новых листовых зачатков побега, не распространялась. У ели воздействие красного света было более масштабным, оно не только стимулировало пластинчатую меристему хвои, ответственную за рост органа в длину, но и приводило к заложению большого числа листовых зачатков на точке роста, что повлияло на увеличение количества хвоинок.

В работе А.А. Волотович и др. [20] в качестве объекта исследований использовались размножаемые *in vitro* регенеранты сортов Northland и Brigitta голубики высокой (*V. corymbosum* L.).

В качестве источников освещения использовали люминесцентные лампы OSRAM Natura (4 лампы – 6000 лк, потребляемая мощность одной лампы – 36 Вт, CCT – 6200–6500 К) и оригинальные установки освещения на основе светодиодов, представляющие собой надеваемый на колбу пластиковый колпачок со встроенным с внутренней стороны пятью светодиодами (ARL-5213-UVS – 400 нм; ARL-3014-UWS – 400 нм; ARL – 630 нм). Величина освещенности из расчета на один опытный образец около 20000 лк.

Высота обоих исследуемых сортов под светодиодами была достоверно в (1,3 раза) выше по сравнению с высотой растений под люминесцентными лампами. Установлена тенденция к увеличению коэффициентов размножения для каждого из исследуемых сортов при светодиодном освещении. Анализ изменчивости показателей сырой массы не выявил достоверных различий между вариантами опыта. При этом масса ягод голубики сорта Brigitta под светодиодами была выше, а сорта Northland – ниже по сравнению с массой формируемых при люминесцентном освещении. У исследуемых сортов (Brigitta и Northland) под светодиодами наблюдалось достоверное превышение по содержанию хлорофилла а – в 1,64 и 2,53 раза, хлорофилла б – в 1,92 и 2,75, каротиноидов – в 1,38 и 2,13 раза соответственно. Двухфакторный дисперсионный анализ установил, что на изменчивость содержания фотосинтетических пигментов влияют два фактора: сорт голубики и тип освещения.

Изучение влияния света разного спектрального диапазона на рост и развитие микропобегов малины (*Rubus idaeus*) и ежевики (*Rubus*) проводили на кафедре генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева [21].

Для этого растения *in vitro* помещали под светодиодные (СД) лампы с разными максимумами в спектральном составе:

- 1) СД красный (660 нм);
- 2) СД синий (444 нм);
- 3) газоразрядная натриевая лампа высокого давления (НЛВД) (602 нм);
- 4) СД белый (653 нм);
- 5) СД-ЧЛБ (чип белый с люминофором 623 нм);
- 6) СД зелёный (515 нм);
- 7) контроль – люминесцентные белые лампы (марка OSRAM AG, производство – Германия).

Установлено, что освещение оказывает индивидуальное воздействие на рост и развитие микропобегов, а также на коэффициент их размножения. Для ежевики наиболее благоприятные условия выращивания микрочеренков установлены при использовании СД синий и СД-ЧЛБ, в то время как для малины ни один из исследуемых вариантов света не оказал существенного влияния на коэффициент размножения.

На основании выполненного обзора можно с уверенностью сказать, что влияние спектральной составляющей светодиодного излучения и интенсивности облучения на рост и развитие растений является достаточно высоким и для каждой культуры и сорта проявляется индивидуально. В то же время наблюдаются закономерности в отношении спектра к морфологии и биометрии, например, излучение белого света с доминантой в синей (440 нм) области оказывает положительное влияние на коэффициент микроразмножения в культуре *in vitro* и позволяет уменьшить вносимую долю гормонов в среду для выращивания. Увеличение доли красной составляющей (660 нм) по отношению к синей (440 нм) способствует к более быстрому переходу от вегетативного к генеративному состоянию, что, в свою очередь, позволяет ускорить темпы роста в интенсивной светокультуре.

Светодиодные светильники с индивидуально моделируемым излучением могут служить альтернативным источником освещения растений при выращивании в защищенном грунте и являться дополнением к газоразрядным лампам, чтобы усилить те участки спектра, которых недостаточно. Данный вектор исследований на сегодняшний момент остается малоизученным, особенно что касается областей в ультрафиолетовом и дальнем красном диапазонах. До сих пор остается неясным, какое количество фотонов света, какой плотности и спектра нужно получить растению за день в определенной стадии культивирования, чтобы избежать как ингибирования роста, так и этиоляции, при этом учитывая количество затраченной энергии к выходу готовой продукции либо коэффициент размножения *in vitro*. Нужно дальше продолжать эксперименты в этом направлении для того, чтобы составить полную карту спектральной кривой и её интенсивности для каждой культуры и сорта в каждой из стадий роста, а также определить сортоспецифичный отклик на доминанту спектра в свете, что позволит наиболее эффективно раскрыть весь потенциал сельскохозяйственных растений.

Работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН №0259-2019-0011.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Леман В.М.* Курс светокультуры растений. – М.: Колос, 1970.
2. *Соколов А.В.* Обоснование параметров и разработка широкополосной системы освещения растений в защищенном грунте с резонансным электропитанием: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2015. – 23 с.
3. *Культивирование салата в условиях защищенного грунта на Севере / А.В. Буткин, Е.Е. Григорай, Т.К. Головко, Г.Н. Табаленкова, И.В. Далькэ // Аграрная наука.* – 2011. – № 8. – С. 24–26.
4. *Шуберт Ф.Е.* Светодиоды. Профессиональный справочник. – М.: Физматлит, 2008. – 496 с.
5. *Аверчева О.В.* Физиологические эффекты узкополосного красно-синего освещения растений (на примере китайской капусты *Brassica chinensis* L.): автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2010. – 25 с.
6. *Особенности роста и фотосинтеза растений китайской капусты при выращивании под светодиодными светильниками / О.В. Аверчева, Ю.А. Беркович, А.Н. Ерохин, Т.В. Жигалова, С.И. Погосян, С.О. Смолянина // Физиология растений.* – 2009. – № 56 (1). – С. 17–26.
7. *Курьянова И.В., Олонина С.И.* Оценка влияния различных спектров светодиодного светильника на рост и развитие овощных культур // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 7 (74). – С. 35–44.
8. *Использование узкополосного спектра фотосинтетически активной радиации при выгонке тюльпанов и их защите от болезней / О.В. Шепелова, В.В. Кондратьева, И.Н. Калембет, Т.В. Воронкова, М.В. Семенова, О.О. Белошапкина, Л.Г. Серая // Достижения науки и техники АПК.* – 2018. – № 9 (32). – С. 70–73.
9. *Ракутъко С.А., Ракутъко Е.Н.* Рост и фотоморфогенез петрушек корневой (*Petroselinum tuberosum*) под оптическим излучением различного спектрального состава // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 38. – С. 298–304.
10. *Фотосинтез и продуктивность растений картофеля в условиях различного спектрального облучения / Ю.Ц. Мартиросян, М.Н. Полякова, Т.А. Диловарова, А.А. Кособрюхов // Сельскохозяйственная биология.* – 2013. – № 1. – С. 107–112.
11. *Анализ сортовых различий растений-регенерантов картофеля *in vitro* при использовании светодиодных светильников / Т.В. Никонович, Т.В. Кардис, А.В. Кильчевский, В.Л. Филипеня, О.В. Чижик, Ю.В. Трофимов, В.И. Цвирко, Е.В. Керножицкий // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.* – 2018. – № 1. – С. 73–78.
12. *Влияние искусственного солнечного света на рост и развитие растений-регенерантов *Solanum tuberosum* / Е.П. Субботин, И.В. Гафицкая, О.В. Наконечная, Ю.Н. Журавлев, Ю.Н. Кульчин // Turczaninowia.* – 2018. – № 2. – С. 32–39.

13. Влияние синего и красного света на физиологические и биохимические характеристики растений пшеницы / И.В. Азизов, Ф.И. Гасымова, У.Ф. Ибрагимова, К.Р. Тагиева, А.Б. Абдуллаева // Sciences of Europe. – 2019. – № 41. – С. 3–6.
14. Влияние различий в спектральном составе излучения на флукутирующую асимметрию билатеральных признаков ювенильных растений перца (*Capsicum annuum* L.). / Е.Н. Ракутъко, А.Н. Васькин, И.С. Новиков, С.А. Ракутъко // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2020. – № 1(102). – С. 35–48.
15. Яковцева М.Н., Тараканов И.Г. Технология выращивания растений земляники садовой *Fragaria ananassa* Duch. на основе использования узкополосного спектра фотосинтетически активной радиации // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – № 2. – С. 177–180.
16. Кахнович Л.В. Фотосинтетический аппарат и световой режим. – Минск: Изд-во БГУ, 1980. – 142 с.
17. Карначук Р.А., Протасова Н.Н., Головацкая И.Ф. Рост растений и содержание гормонов в зависимости от спектрального состава света // Рост и устойчивость растений. – Новосибирск: Наука, 1988. – С. 71–75.
18. Немойкина А.Л., Карначук Р.А. Совместное действие света разного спектрального состава и эзогенных гормонов на мезоструктуру *Yucca elephantipes* R. в культуре *in vitro* // Исследовано в России. – 2002. – Т. 5. – С. 1930–1937.
19. Морфогенез ассимилирующих органов сеянцев сосны обыкновенной и ели европейской при действии красного и синего света / А.В. Карташов, П.П. Пашковский, Ю.В. Иванов, А.И. Иванова, Ю.В. Савочкин // Вестник Том. гос. ун-та. Биология. – 2014. – № 1 (26). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfogenez-assimiliruyuschih-organov-seyantsev-sosny-obyknovennoy-i-eli-evropeyskoy-pri-deystvii-krasnogo-i-sinego-sveta-1> (дата обращения: 13.03.2022).
20. Сравнительный анализ эффектов разных источников освещения на изменчивость количественных признаков у регенерантов сортовой голубики высокой (*Vaccinium corymbosum* L.) *in vitro* / А.А. Волотович, О.А. Кудряшова, А.С. Кохнюк, Л.С. Цвирко // Вестник Полесского государственного университета. – 2011. – № 2. – С. 24–28.
21. Гудь Л.А. Влияние света разного спектрального диапазона на морфогенез ежевики и малины *in vitro* [Электронный ресурс] // Лесохозяйственная информация: электрон. сетевой журн. – 2019. – № 2. – С. 97–102. – Режим доступа: <http://lhi.vniilm.ru/> (дата обращения: 13.03.2022).

REFERENCES

1. Leman V.M. *Kurs svetokul'tury rastenij* (The course of light culture of plants), Moscow, Kolos, 1970.
2. Sokolov A.V. *Obosnovanie parametrov i razrabotka shirokopолосnoj sistemy osveshcheniya rastenij v zashchishchennom grunte s rezonansnym elektropitaniem* (Substantiation of parameters and development of a broadband plant lighting system in protected ground with resonant power supply), Extended abstract of candidate's thesis, Moscow, 2015, 23 p. (In Russ.)
3. Butkin A.V., Grigoraj E.E., Golovko T.K., Tabalenkova G.N., Dal'ke I.V., *Agrarnaya nauka*, 2011, No. 8, pp. 24–26. (In Russ.)
4. Shubert F.E. *Svetodiody. Professional'nyj spravochnik* (Leds. Professional reference), Moscow, Fizmatlit, 2008, 496 p.
5. Avercheva O.V. *Fiziologicheskie effekty uzkopolosnogo krasno-sinego osveshcheniya rastenij (na pri-mere kitajskoj kapusty *Brassica chinensis* L.)* (), Extended abstract of candidate's thesis, Moscow, 2010, 25 p. (In Russ.)
6. Avercheva O.V., Berkovich Yu.A., Erohin A.N., Zhigalova T.V., Pogosyan S.I., Smolyanina S.O., *Fiziologiya rastenij*, 2009, No. 56 (1), pp. 17–26. (In Russ.)
7. Kur'yanova I.V., Olonina S.I., *Vestnik NGIEI*, 2017, No. 7 (74), pp. 35–44. (In Russ.)
8. Shepelova O.V., Kondrat'eva V.V., Kalembet I.N., Voronkova T.V., Semenova M.V., Beloshapkina O.O., Seraya L.G., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2018, No. 9 (32), pp. 70–73. (In Russ.)

9. Rakut'ko S.A., Rakut'ko E.N., *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, No. 38, pp. 298–304. (In Russ.)
10. Martirosyan Yu.C., Polyakova M.N., Dilovarova T.A., Kosobryuhov A.A., *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 2013, No. 1, pp. 107–112. (In Russ.)
11. Nikonovich T.V., Kardis T.V., Kil'chevskij A.V., Filipenya V.L., Chizhik O.V., Trofimov Yu.V., Cvirko V.I., Kernozhickij E.V., *Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2018, No. 1, pp. 73–78. (In Russ.)
12. Subbotin E.P., Gafickaya I.V., Nakonechnaya O.V., Zhuravlev Yu.N., Kul'chin Yu.N., *Turczaninowia*, 2018, No. 2, pp. 32–39. (In Russ.)
13. Azizov I.V., Gasymova F.I., Ibragimova U.F., Tagieva K.R., Abdullaeva A.B., *Sciences of Europe*, 2019, No. 41, pp. 3–6.
14. Rakut'ko E.N., Vas'kin A.N., Novikov I.S., Rakut'ko S.A., *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva*, 2020, No. 1 (102), pp. 35–48. (In Russ.)
15. Yakovceva M.N., Tarakanov I.G., *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2014, No. 2, pp. 177–180. (In Russ.)
16. Kahnovich L.V. *Fotosinteticheskij apparat i svetovoj rezhim* (Photosynthetic apparatus and light mode), Minsk, BGU, 1980, 142 p.
17. Karnachuk R.A., Protasova N.N., Golovackaya I.F., *Rost i ustojchivost' rastenij*, Novosibirsk, Nauka, 1988, pp. 71–75. (In Russ.)
18. Nemojkina A.L., Karnachuk R.A., *Issledovano v Rossii*, 2002, Vol. 5, pp. 1930–1937. (In Russ.)
19. Kartashov A.V., Pashkovskij P.P., Ivanov Yu.V., Ivanova A.I., Savochkin Yu.V., *Vestnik Tom. gos. un-ta. Biologiya*, 2014, No. 1 (26). (In Russ.)
20. Volotovich A.A., Kudryashova O.A., Kohnyuk A.S., Cvirko L.S., *Vestnik Polesskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, No. 2, pp. 24–28. (In Russ.)
21. Gud' L.A. *Lesohozyajstvennaya informaciya*, 2019, No. 2, pp. 97–102, URL: <http://lhi.vniilm.ru/> (data obrashcheniya: 13.03.2022), (In Russ.)



**ТЕХНОЛОГИИ СОДЕРЖАНИЯ, КОРМЛЕНИЯ И
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЕТЕРИНАРНОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ
В ПРОДУКТИВНОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

**TECHNOLOGY CONTENTS, FEEDING
AND ENSURING VETERINARY WELFARE
PRODUCTIVE ANIMAL BREEDING**

УДК 619:615.371.619.:579.842:11:619:579.841.11:619:579.862.1:636.4.087.8

DOI:10.31677/2311-0651-2022-35-1-121-126

**ВЛИЯНИЕ АДАПТОГЕНА ЦЕАУР НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ЯИЦ КУР**

В.А. Синицын, доктор ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН

E-mail: referent@ievsidi.ru

Ключевые слова: птица, цеолит, аурол, цеаур, куры, яйца.

Реферат. Рассмотрено влияние кормовой добавки цеаур на продуктивность и морфометрические показатели яиц кур в условиях стресса и без него. Представлен состав цеаура и дана его характеристика. Приведены результаты применения в птицеводстве при различных формах введения.

**THE INFLUENCE OF THE ADAPTOGEN TSEAUUR ON THE MORPHOMETRIC
PARAMETERS OF HEN EGGS**

V.A. Sinitsyn, Doctor of Veterinary Sciences

Siberian Federal Scientific Centre for Agrobiotechnologies of RAS

Key words: bird, zeolite, aurol, tseaur, hen, eggs.

Abstract. In this article, the author discussed the effect of the feed additive tseaur on the productivity and morphometric parameters of hen eggs under stress and without stress. The composition of tseaur is presented and its characteristic is given. The results of application in poultry farming under different forms of feed additive administration are given.

Приспособление организма к обычным, постоянно действующим факторам окружающей среды с помощью нервно-гуморальных механизмов происходит в течение всей жизни животного [1]. Стресс – это естественная защитная физиологическая реакция животного на воздействие любого резкого раздражителя окружающей среды [2]. Он развивается в определенной последовательности, и только тогда, когда исчерпаны все защитные силы организма, а действие стресса оказывается продолжительным, наступает последняя стадия – истощение, при котором снижается продуктивность и животное погибает [3].

Проблема стресса – одна из сложных и актуальных в промышленном животноводстве [4]. Индустриальная технология, рассчитанная на максимальную продуктивность животных, выдвинула проблему приспособления их физиологических возможностей к новым технологическим условиям [5]. Антистрессовая профилактика обеспечивает благоприятные условия содержания и кормления. В нее входят как физический метод, так и методы применения различных кормовых добавок и лекарственных средств [6]. Известны адаптогены, применяемые в животноводстве и птицеводстве для предотвращения стрессовых нагрузок при производстве мяса, яиц. Наибольшее распространение получило использование различных фармакологических средств (нейролептиков, транквилизаторов и седативных препаратов (аминозин, хлорпромазин, резерпин, фенозипам, седуксен и др.) [7]. В большинстве случаев их применяют путем подкожного, внутримышечного или перорального введения с водой, что позволяет частично уменьшить отрицательное воздействие на животных и птиц и сократить потери живой и убойной массы [8].

Однако следует сказать, что несмотря на положительный эффект, применение транквилизаторов, нейролептиков и седативных средств имеет ряд существенных недостатков:

- непродолжительность действия (3–4 ч после введения, и эффект резко снижается);
- высокая стоимость, трудности при введении (создание дополнительных стрессов при фиксации).

Следует отметить, что указанные препараты нашли применение для профилактики транспортного стресса [9].

Задачей нашего исследования является расширение арсенала добавок для птиц, обладающих адаптогенными свойствами [10]. Определение оптимальных соотношений инградиентов, входящих в состав предлагаемой кормовой добавки, и получение минерального продукта, обладающего адаптогенным, пролонгирующим действием на организм птиц, а также детоксикационным и профилактическим свойством при технологических и кормовых стрессах [11].

Для этого нами был сконструирован адаптоген цеаур (патент № 2616411 от 14 апреля 2017 г.), он состоит из цеолита и аналога глюкозида родиолы розовой аурола в определенных соотношениях [12].

Для увеличения срока действия адаптогена с целью профилактики технологических стрессов мы использовали природный цеолит – сахаптин.

Адаптоген обладает стимулирующим, тонизирующим, антистрессовым действием, а в состав цеолита сахаптина входят следующие основные минеральные вещества (масс. %): SiO – 65,41, Al₂O₃ – 13,65, CaO – 2,06, Fe₂O₃ – 1,96, MgO – 1,28, K₂O – 3,05, FeO – 0,22, Na₂O – 0,83, TiO₂ – 0,35, MnO – 0,05, F₂O₂ – 0,1. Он характеризуется адсорбционными, ионообменными, катализитическими, детоксикационными и пролонгирующими свойствами [13].

Цель исследования – определение влияние адаптогена цеаур на продуктивность кур при техногенных и кормовых стрессах в птицеводстве.

Экспериментальные исследования, направленные на определение экспериментальных доз и их эффективности при скармливании цеаура, проводились на ООО «Усть-Абаканская птицефабрика». Для промышленно-производственного опыта создано три группы кур по 2 000 голов в каждой. Различия в кормлении птицы заключались в том, что в рационы опытных кур вводились кормовые добавки – 1 % аурола в дозе 1 мг/кг массы корма и цеаура в дозе 5 % к сухому корму (табл. 1).

Таблица 1
Схема опыта

Группы	Характеристика кормления до 400-дневного возраста
Контрольная	Основной рацион (ОР)

1-я опытная	OP + 1 мг/кг 1 % аурола (от массы корма)
2-я опытная	OP + 5 % цеаура (от массы корма)

В течение опыта вели наблюдения за клиническим состоянием и еженедельно учитывали массу кур путем выборочного взвешивания на аналитических весах AND EK-6100i. Яичная продуктивность контролировалась путем учета количества получаемых яиц с последующим расчетом на среднюю курицу несушку.

При исследовании яиц использовали методы испытаний, предусмотренные ГОСТ 31654-2012 Яйца куриные пищевые [14].

По окончании опыта провели контрольный убой кур с осмотром внутренних органов и их взвешиванием, взятием крови для биохимических и гематологических исследований. Биохимические исследования проводились на аппарате STATFAX, содержание гемоглобина определяли гемометром Сали.

Анатомическую разделку тушек и их внутренних органов осуществлялись с последующим взвешиванием на аналитических весах. Полученные цифровые данные обрабатывали методом вариационной статистики с вычислением критерия Стьюдента.

Исследования проводились в три возрастных периода (табл. 2).

Таблица 2
Продуктивность подопытной птицы

Показатель	Группа		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
<i>Возраст птицы 180 дней</i>			
Прирост массы птицы, % к контролю		2,00	2,18
Яйценоскость, продуктивность, % к контролю, %	55,50	59,50	59,80
Сохранность, %		4,00	4,30
<i>Возраст птицы 270 дней</i>			
Прирост массы птицы, % к контролю		4,00	4,15
Яйценоскость, продуктивность, % к контролю, %	72,50	90,0	90,50
Сохранность, %		17,5	18,0
<i>Возраст птицы 345 дней</i>			
Средняя масса птицы, г	1470,00	1500,00	1530,00
Прирост массы птицы, % к контролю		2,04	4,08
Яйценоскость, продуктивность, % к контролю, %	83,12	87,00	90,50
Сохранность, %		3,88	7,38
	95,90	98,00	98,20

Для птицеводства имеет важное значение применение медикаментозных и кормовых методов стресс-коррекции при воздействии на птицу стресс-факторов (этап раннего постэмбрионального развития, начало яйцекладки, кормовых стрессов и др.). Исследования показали, что курсовое введение адаптогенов в опытных группах увеличивает сохранность и прирост массы. Применение до перевода молодняка птиц в цех взрослого поголовья обеспечило процесс ран-

ней яйцекладки. Первые яйца появились в возрасте 130 дней одновременно во всех опытных группах.

В возрасте 180 дней продуктивность кур несушек в 1-й опытной группе (с ауролом) была на 10,60 %, во 2-й (с цеауром) – на 15,80 % больше, чем в контрольной группе.

В возрасте 270 дней показатель интенсивности яйцекладки кур-несушек значительно выше, чем в контрольной группе, – на 17,50 и 18,00 %. В контрольной группе яйценоскость составила 72,50 %. Сохранность взрослой птицы в данный период в 1-й опытной группе 99,50 %, в контрольной – 98,4 %. Прирост массы взрослой птицы в опытных группах больше, чем в контрольной, на 4,00 и 4,15 %.

В возрасте 345 дней яйценоскость взрослой птицы в 1-й опытной группе составила 87,00 %, сохранность – 98,00 %, прирост массы – 1500,0 г. Во 2-й опытной яйценоскость равна 90,50 %, сохранность – 98,20 %, прирост массы – 1530,0 г.

Таблица 3

Морфометрические показатели яиц, г

Показатель	Группа		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
<i>В начале яйцекладки в возрасте 180 дней</i>			
Масса яйца	61,800±0,301	61,950±0,262*	63,400±0,201*
Масса белка	35,500±0,300	35,700±0,250**	36,900±0,205*
Масса желтка	14,700±0,250	15,100±0,177**	16,500±0,151*
Масса скорлупы	9,390±0,168	9,400±0,181	9,540±0,071*
Толщина скорлупы, мм	0,380±0,004	0,380±0,003	0,380±0,005*
<i>В возрасте 270 дней</i>			
Масса яйца	63,400±0,278	63,800±0,171	64,300±0,209*
Масса белка	37,300±0,281	37,800±0,180	38,600±0,208
Масса желтка	16,500±0,261	16,660±0,250	16,900±0,163*
Масса скорлупы	9,390±0,151	9,400±0,161	9,450±0,068***
Толщина скорлупы, мм	0,380±0,004	0,390±0,004***	0,390±0,005
<i>В возрасте 345 дней</i>			
Масса яйца	66,600±0,250	67,000±0,248*	69,930±0,372*
Масса белка	38,500±0,222	38,900±0,216*	40,100±0,301*
Масса желтка	16,900±0,190	17,950±0,130	18,600±0,090*
Масса скорлупы	9,450±0,191	9,670±0,156	9,930±0,067
Толщина скорлупы, мм	0,390±0,004	0,390±0,004	0,400±0,004***

* P≤0,05; **P≤0,01; ***P≤0,001.

Анализ полученных данных показал, что добавление в корм цеаура оказало положительное влияние на продуктивность. Отмечено увеличение сохранности на 2,3 %, прироста – на 4,08, яичной продуктивности – на 7,38 % во 2-й опытной группе по сравнению с контролем без стресс-корректоров. Влияние адаптогена, введенного в рацион из расчета 5–6 % от массы корма в основной рацион кур-несушек улучшает питательные свойства и товарные качества яиц, что выразилось в увеличении относительно контрольной группы общей массы яиц на 4,48 г, массы белка – на 0,40 г, желтка – на 16,90, массы скорлупы – на 10,40 г и толщины скорлупы на 0,01 мм. Содержание каротиноидов в яйце опытных кур превышало данный показатель контрольной группы на 2,1–3,5 мкг/г. Индекс формы яиц для кур-несушек яичных кроссов составляет 73,00–80,00 %, что и отмечено у птицы в опытных и контрольной группах.

Из показателей всех результатов исследований: прироста живой массы, яичной продуктивности, биохимических показателей крови – гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов, гематокрита, общего белка и его фракций следует, что адаптогены опосредованно способствовали повышению среднесуточного прироста. Из опыта видно, что потери от стресс-факторов без применения адаптогенов и кормовых добавок составили при дозировании 10 и 2,3 % в период яйцекладки, что говорит о положительном влиянии на обмен веществ и физиологическое состояние кур. Экономическая эффективность применения адаптогена цеаур в кормлении кур несушек на 1 руб. затрат пришлось 2,8–3,6 руб. прибыли. Уровень рентабельности производства яиц был выше на 3,6 % в опытной группе по сравнению с контрольной группой.

Обобщая полученные данные, можно отметить, что адаптоген цеаур оказывает положительное влияние на такие показатели, как валовая продуктивность, яйценоскость, сохранность. Курсовое применение биологически активного кремнесодержащего адаптогена обеспечивало рост интенсивности яйцекладки на 04,30–18,00 % по сравнению с показателями у птицы в контрольной группе. Данные исследования позволяют сделать вывод, что применение цеаура из расчета 5–6 % от массы корма в основной рацион кур-несушек повышает питательные свойства и товарные качества яиц. Экономическая эффективность от применения на 1 руб. затрат пришлось 2,8 руб. прибыли. Уровень рентабельности производства яиц был выше на 3,6 % в опытной группе по сравнению с контрольной группой.

Полученные данные показали, что цеаур эффективен при стрессах и более эффективен, чем введенные в ее состав компоненты, используемые по отдельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Синицын В.А., Донченко О.А., Авдеенко А.В. Профилактика стрессовых явлений у птицы модифицированным цеолитом цеаур // Инновации и продовольственная безопасность. – 2018. – № 3. – С. 95–99.
2. Сахаптин – природный цеолит уникальная кормовая и профилактическая добавка в корм животным и птице / Сиб. отд-ние РАСХН. – 2003. – 112 с.
3. Бурлак З.К., Крючковский А.Г. Стressовые явления в свиноводстве и их профилактика // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1981. – № 3. – С. 60–64.
4. Беляков Н.А. Энтеросорбция–механизм лечебного действия / Н.А. Беляков [и др.] // Энтеросорбентная терапия. – 1997. – Вып. 3, № 2. – С. 20–26.
5. Основные биологические и терапевтические показатели нового антистрессового препарата / О.А. Донченко, Ю.Г. Юшков, Н.Е. Панова, Л.И. Брыкина // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2004. – № 3. – С. 91–94.
6. Armstrong D.T. Environmental stress and ovarian function // Biol. Reprod. – 1987. – Vol. 34, N 1. – P. 29–39.
7. Синтетический адаптоген аурол в практике животноводства / А.М. Еранов [и др.] / Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. отд-ние; ИЭВСиДВ. – Новосибирск, 2007. – 112 с.
8. Проведение исследований по технологии производства яиц и мяса птицы: метод. рекомендации. – Сергиев Посад, 2004. – 45 с.
9. Ветеринарная генетика и селекция сельскохозяйственных животных / В.Л. Петухов, А.Г. Незавитин [и др.]. – 1984. – 166 с.
10. Нетрадиционные корма в рационе птицы / Спиридов И.Л. [и др.] – Омск, 2002. – 224 с.
11. Синицын В.А., Шадрин А.М., Белаусов Н.М. Роль природных и модифицированных цеолитов в профилактике кормовых и экологических стрессов у животных и птицы // Сибирский вестник сельскохозяйственных наук. – 2006. – № 6. – С. 43–49.
12. Синицын В.А., Донченко О.А., Авдеенко А.В. Кормовая добавка для профилактики стресс-факторов у птицы и способ ее скармливания: патент на изобретение № 2616411 от 14.02.17.

13. Шкиль Е.Н., Кобрин В.С., Коптев В.Ю. Аурол – эффективный стимулятор неспецифической резистентности организма животных // Сибирский вестник сельскохозяйственных наук. – 2004. – № 3. – С. 91–92.

14. ГОСТ 31654-2012 Яйца куриные пищевые. Технические условия (правила приемки). – М., 2012.

REFERENCES

1. Sinicyn V.A., Donchenko O.A., Avdeenko A.V., *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2018, No. 3, pp. 95–99. (In Russ.)
2. *Sahaptin – prirodnyj ceolit unikal'naya kormovaya i profilakticheskaya dobavka v korm zhivotnym i ptice* (Sahaptin - natural zeolite is a unique feed and preventive additive in animal and poultry feed), Sib. otd-nie RASKHN, 2003, 112 p.
3. Burlak Z.K., Kryuchkovskij A.G., *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*, 1981, No. 3, pp. 60–64. (In Russ.)
4. Belyakov N.A. et al., *Enterosorbentnaya terapiya*, 1997, Issue 3, No. 2, pp. 20–26. (In Russ.)
5. Donchenko O.A., Yushkov Yu.G., Panova N.E., Brykina L.I., *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*, 2004, No. 3, pp. 91–94. (In Russ.)
6. Armstrong D.T. Environmental stress and ovarian function, *Biol. Reprod.*, 1987, Vol. 34, No. 1, pp. 29–39.
7. Eranov A.M. et al., *Sinteticheskij adaptogen aurol v praktike zhivotnovodstva* (Synthetic adaptogen aurol in animal husbandry practice), Ros. akad. s.-h. nauk. Sib. otd-nie; IEVSiDV, Novosibirsk, 2007, 112 p.
8. *Provedenie issledovanij po tekhnologii proizvodstva yaic i myasa pticy* (Conducting research on the technology of production of eggs and poultry meat), Sergiev Posad, 2004, 45 p.
9. Petuhov V.L., Nezavitin A.G. et al., *Veterinarnaya genetika i selekcija sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh* (Veterinary genetics and breeding of farm animals), 1984, 166 p.
10. Spiridonov I.L. et al., *Netradicionnye korma v racione pticy* (Non-traditional feeds in the diet of poultry), Omsk, 2002, 224 p.
11. Sinicyn V.A., Shadrin A.M., Belausov N.M., *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennyh nauki*, 2006, No. 6, pp. 43–49. (In Russ.)
12. Sinicyn V.A., Donchenko O.A., Avdeenko A.V. *Kormovaya dobavka dlya profilaktiki stress-faktorov u pticy i sposob ee skarmlivaniya* (Feed additive for the prevention of stress factors in poultry and method of its feeding), Patent No. 2616411 of 14.02.17. (In Russ.)
13. Shkil' E.N., Kобрин V.S., Koptev V.Yu., *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennyh nauki*, 2004, No. 3, pp. 91–92. (In Russ.)
14. GOST 31654-2012 *Yajca kurinye pishchevye* (Food chicken eggs), Moscow, 2012.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Во избежание ошибок и задержек в подготовке статей к опубликованию обращаем ваше внимание на следующие **требования**:

1. Статьи, предоставляемые в редакцию журнала, должны содержать результаты научных исследований и относиться к следующим научным специальностям:

05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств (технические науки),
06.01.01 – Общее земледелие растениеводство (биологические науки),
06.01.01 – Общее земледелие растениеводство (сельскохозяйственные науки),
06.01.04 – Агрохимия (сельскохозяйственные науки),
06.01.05 – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки),
06.02.01 – Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных (ветеринарные науки),
06.02.02 – Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология (ветеринарные науки),
06.02.03 – Ветеринарная фармакология с токсикологией (ветеринарные науки),
06.02.05 – Ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза (ветеринарные науки),
06.02.08 – Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные науки),
06.02.10 – Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные науки)

2. Авторы предоставляют (одновременно):

– электронный вариант статьи по эл. почте innovations@ngs.ru или на электронном носителе;
– заполненный и подписанный авторский договор;
– **сопроводительное письмо**, подписанное проректором (зам. директора) по научной работе или руководителем организации.

3. **Порядок оформления статьи:**

– объем статьи не менее **10-15 страниц** в формате А4 (транслитерация, перевод и анкета авторов не учитываются); объем обзорных статей – не менее 30-35 стр.
– поля документа – все по **2 см**;
– основной кегль – **14**;
– таблицы – **14** (недопустимо в таблицах и под тексты в местах расчетов, формул помещать растровые изображения вместо цифр и знаков);
– интервал-множитель – **1,5** (полуторный);
– шрифт – **Times New Roman**;
– нумерация страниц – **внизу по центру**;
– выравнивание текста – **по ширине** (название статьи и заголовки разделов – по центру заглавными буквами);
– примечания оформляются в форме постраничных сносок;
– ссылки на источники в тексте оформляются в **квадратных скобках**, в порядке цитирования в тексте.

4. **Требования к статье на электронном носителе:**

– статья подается в формате DOC, RTF;
– название файла должно выглядеть следующим образом:
Иванов_Особенности преподавания информатики

Если рукопись оформлена не в соответствии с данными требованиями, то она возвращается автору для доработки. **Датой сдачи** статьи считается день получения редакцией ее **окончательного варианта**.

5. Все рукописи перед публикацией в журнале проходят внешнее рецензирование, по результатам которого редколлегия принимает решение о целесообразности их публикации в журнале. Копии рецензий направляются авторам для ознакомления. В случае несоответствия статьи тематике журнала авторам направляется мотивированный отказ. Рецензии хранятся в издательстве и в редакции издания в течение 5 лет. Редакция журнала при поступлении запроса направляет копии рецензий в Министерство образования и науки Российской Федерации.

7. Плата за публикацию с аспирантов не взимается

СТРУКТУРА СТАТЬИ:

УДК 423-3 (14 кг)

ВЛИЯНИЕ СТИМУЛИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА МЯСНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ СКОТА (14 кг, п/ж)

¹**И.О. Иванов**, доктор биологических наук, профессор

²**П.П. Петров**, кандидат сельскохозяйственных наук

¹**Новосибирский государственный аграрный университет**

²**Павлодарский государственный университет**

E-mail: vet@ngs.ru

Ключевые слова: стимулирующая добавка, препарат, скот, (7-10 слов)

Реферат. Показана эффективность применения препарата при заключительном откорме скота. У животных, получивших испытываемый препарат, в мясе содержалось влаги меньше на 2 % (1500-2000 знаков).

ВВЕДЕНИЕ (БЕЗ УКАЗАНИЯ НАЗВАНИЯ РАЗДЕЛА)

2500-3000 знаков. В обязательном порядке даются ссылки на литературные источники

Цель исследований – (излагается в конце вводной части)

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Указывается что являлось объектом исследований, какие использовались методы, методики и т.д. С помощью каких программ и расчетов проводилась статистическая обработка данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Приводятся результаты собственных исследований и дается их обсуждение.

Таблицы, графики, рисунки предоставляются в формате Word (дополнительно предоставляются исходные варианты) с возможностью редактирования.

Таблицы должны содержать статистически обработанный материал

ВЫВОДЫ

Должны быть конкретные, по пунктам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Библиографический список должен быть оформлен в соответствии с требованиями и правилами составления библиографической ссылки (ГОСТ Р 7.05–2008) в виде общего списка в порядке цитирования, шрифт – 14 кг, количество литературных источников – **не менее десяти (для обзорных статей – не менее 50)**. Литература дается на тех языках, на которых она издана.

Проверяйте статью перед подачей в редакционный отдел: точность инициалов упоминаемых авторов

(в тексте и в списке литературы), полное описание источников (место, год выхода книги), номера. Выпуски у продолжающихся изданий.

ТРАНСЛИТЕРАЦИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО СПИСКА

На сайте <http://translit.ru/> можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу (формат BGN).

ПЕРЕВОД

Название статьи, ключевые слова, реферат на английском языке

АНКЕТА АВТОРОВ

- Фамилия имя отчество (полностью)
- Ученая степень
- Место работы (полное название организации и подразделения)
- Должность
- Почтовый адрес места работы
- Контактные телефоны, **e-mail**
- **Шифр специальности** (согласно «Номенклатуре ...»), которой соответствует тема и раздел журнала.

Разделы журнала:

- Рациональное природопользование и охрана окружающей среды
- Ресурсосберегающие технологии в земледелии, агрохимии, селекции и семеноводстве
- Контроль качества и безопасность пищевой продукции
- Технологии содержания, кормления и обеспечения ветеринарного благополучия в продуктивном животноводстве
- Достижения ветеринарной науки и практики
- Ветеринарно-санитарная оценка полноценности пищевой продукции
- Хроника, события, факты

