

ISSN 1999-6837 (Print)

ISSN 1999-6837 (Online)

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ
ВЕСТНИК

www.vestnik.dalgau.ru

Выпуск 4 (60)

Благовещенск 2021

Тихончук П. В. – председатель редакционного совета, главный редактор, д-р с.-х. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ

Редакция:

Овчинникова О. Ф. – ответственный секретарь, ст. преподаватель кафедры экономики АПК ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ;

Черных Е. И. – редактор;

Сысоенко В. В. – переводчик, ст. преподаватель кафедры гуманитарных дисциплин ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ;

Борденюк Д. В. – специалист по информационным ресурсам, ведущий программист центра информатизации учебного процесса ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ;

Редакционный совет:

Асеева Т. А., д-р с.-х. наук, чл.-корр. РАН, директор ФГБНУ ДВ НИИСХ;

Владимиров Л. Н., д-р биол. наук, профессор, чл.-корр. РАН, Заслуженный деятель науки РФ и РС(Я), директор ФГБНУ Якутский НИИСХ, им. М. Г. Сафронова;

Емельянов А. Н., канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр., директор ФГБНУ «ФНЦ агроботехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки»;

Гижеевски Зигмунт, д-р наук (PhD), профессор, Польская академия наук, Научно-исследовательская станция Института воспроизводства животных и исследований пищевых продуктов в Попельно, Республика Польша;

Игота Хиромаса, д-р наук (PhD), доцент, руководитель лаборатории охотоведения, Университет Ракуно Гакуэн, г. Эбецу, префектура Хоккайдо, Япония;

Клыков А. Г., д-р биол. наук, профессор, член-корр. РАН, зав. отделом селекции и биотехнологии с.-х. культур, ФГБНУ «ФНЦ агроботехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки»;

Комин А. Э., канд. с.-х. наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО Приморская ГСХА;

Ли Хунпэн, д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр., Хейлуцзянская академия сельскохозяйственных наук, г. Харбин, КНР;

Остякова М. Е., д-р биол. наук, доцент, директор ФГБНУ ДальЗНИВИ;

Синеговская В. Т., д-р с.-х. наук, профессор, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник лаборатории физиологии растений ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои;

Хан Тяньфу, д-р наук (PhD), профессор, Китайская академия сельскохозяйственных наук, Институт растениеводства, КНР

Редакционная коллегия:

Бумбар И. В., д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ;

Захарова Е. Б., д-р с.-х. наук, доцент кафедры общего земледелия и растениеводства ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ;

Ким И. Н., канд. техн. наук, доцент, проректор по научной работе и инновационным технологиям ФГБОУ ВО Приморская ГСХА;

Ключникова Н. Ф., д-р с.-х. наук, заместитель директора по научной работе ФГБНУ ДВ НИИСХ;

Краснощёкова Т. А., д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры кормления, разведения, зооигиены и производства продуктов животноводства ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ;

Кухаренко Н. С., д-р ветеринар. наук, профессор, профессор кафедры патологии, морфологии и физиологии ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ;

Миллер Т. В., канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник отдела микробиологии, вирусологии и иммунологии ФГБНУ ДальЗНИВИ;

Наумченко Е. Т., канд. с.-х. наук, доцент, вед. науч. сотр., заместитель директора по науке ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои;

Овчинников А. А., д-р с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой кафедры кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО ЮУрГАУ;

Труш Н. В., д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры биологии и охотоведения ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ;

Шарвадзе Р. Л., д-р с.-х. наук, профессор, декан факультета ветеринарной медицины и зоотехнии ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ;

Щитов С. В., д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ

Учредитель и издатель –
Федеральное государственное
бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный
государственный
аграрный университет»
(ФГБОУ ВО
«Дальневосточный ГАУ»)

Адрес учредителя и издателя –
675005, Амурская обл.,
г. Благовещенск,
ул. Политехническая, 86

Зарегистрирован Федеральной
службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий
и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-78057
27.03.2020

Подписной индекс
в Объединенном каталоге
«ПРЕССА РОССИИ.
ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ»
94054 (полугодовая);
Онлайн подписка:
[https://www.pressa-rf.ru/cat/1/
edition/i94054/](https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/i94054/)

Журнал представлен в системе
Российского индекса научного
цитирования (**РИНЦ**)

Распоряжением Высшей
аттестационной комиссии (ВАК)
при Министерстве образования
и науки Российской Федерации
от 1 декабря 2015 года журнал
включен в Перечень
рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть
опубликованы основные
результаты диссертаций на
соискание ученой степени
кандидата наук, на соискание
ученой степени доктора наук
(письмо ВАК №13-6518
от 01.12.2015 г.)
**(в Перечне ВАК под № 900
по состоянию на 22.10.2021)**

Адрес редакции:
675005, Амурская область,
г. Благовещенск,
ул. Политехническая, д.86,
уч. корп. 1, каб.301
Тел. (4162)995147
Тел./факс (4162)995127
www.vestnik.dalgau.ru
e-mail: DVagrovestnik@dalgau.ru

P. V. Tikhonchuk – Chairman of Drafting Committee, Editor-in-Chief, Dr. Agr. Sci., Professor, Rector of the Far Eastern State Agrarian University

Editorial office:

O. F. Ovchinnikova – Executive Secretary, Senior Teacher of the Department of Agro-Industrial Complex Economics, Far Eastern State Agrarian University;

E. I. Chernykh – Editor;

V. V. Sysoenko – Translator; Senior Teacher of the Department of Humanities, Far Eastern State Agrarian University;

D. V. Bordenyuk – Information Resources Specialist, Lead Programmer at Information Technology Center of the FESAU;

Editorial Council:

T. A. Aseeva, Dr. Agr. Sci., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Far Eastern Research Institute of Agriculture

L. N. Vladimirov, Dr. Biol. Sci., Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honoured Scientist of Russia and Sakha Republic (Yakutia), Director of the Yakut Research Institute of Agriculture named after M. G. Safronov;

A. N. Emelyanov, Cand. Agr. Sci., Senior Researcher, Director of the Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A. K. Chaika;

Zygmunt Gizejewski, PhD, Professor, Polish Academy of Sciences, Research Station of the Institute of Animal Reproduction and Food Research at Popielno, Republic of Poland;

Hiromasa Igota, PhD, Associate Professor, Head of the Laboratory of Hunting, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, Japan;

A. G. Klykov, Dr. Biol. Sci., Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Selection and Biotechnology of Agricultural Crops, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A. K. Chaika;

A. E. Komin, Cand. Agr. Sci., Assistant Professor, Rector of the Primorskaya State Academy of Agriculture;

Li Hongpeng, Cand. Agr. Sci., Senior Researcher, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, China;

M. E. Ostyakova, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Director of the Far Eastern Areal Research Veterinary Institute;

V.T. Sinegovskaya, Dr. Agr. Sci., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honoured Scientist of Russia, Chief Researcher of the Plant Physiology Laboratory of the All-Russian Research Institute of Soy;

Tianfu Han, PhD, Professor, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Institute of Crop Science, China;

Editorial Board:

I. V. Bumbar, Dr. Tech. Sci., Professor, Professor of the Department of Transport-Energy Facilities and Mechanization of Agro-Industrial Complex of the FESAU;

E. B. Zakharova, Dr. Agr. Sci., Associate Professor of the Department of General Agriculture and Plant Growing of the FESAU;

I. N. Kim, Cand. Tech. Sci., Associate Professor, Pro-rector of the Research Work and Innovative Technologies of the Primorskaya State Academy of Agriculture;

N. F. Klyuchnikova, Dr. Agr. Sci., Deputy Director of Research of the Far Eastern Research Institute of Agriculture;

T. A. Krasnoshchyokova, Dr. Agr. Sci., Professor, Professor of the Department of Feeding, Breeding, Zoohygiene and Production of Animal Products of the FESAU;

N. S. Kukhareenko, Dr. Veterinar. Sci., Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology of the FESAU;

T. V. Miller, Cand. Biol. Sci., Leading Researcher of the Department of Microbiology, Virology and Immunology of the Far Eastern Areal Research Veterinary Institute;

E. T. Naumchenko, Cand. Agr. Sci., Associate Professor, Leading Researcher, Deputy Director of Research of the All-Russian Research Institute of Soy

A. A. Ovchinnikov, Dr. Agr. Sci., Professor, Head of the Department of Feeding, Animal Hygiene, Technology of Production and Processing of Agricultural Products of the South Ural State Agrarian University;

N. V. Trush, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Professor of the Department of Biology and Hunting of the FESAU;

R. L. Sharvadze, Dr. Agr. Sci., Professor, Dean of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the FESAU;

S. V. Shchitov, Dr. Tech. Sci., Professor, Professor of the Department of Transport-Energy Facilities and Mechanization of Agro-Industrial Complex of the FESAU

Founder and Publisher -
Far Eastern State
Agrarian University

Founder and Publisher Address:
675005, g. Blagoveshchensk,
Amur Region,
street Polytechnik, 86.

Registered by
Federal Service for Supervision
of Communications,
Information Technology,
and Mass Media
(Roskommadzor)
Registration Certificate
ИИ № ФЦ 77-78057
dated March 27, 2020

Subscription Indices
in the Catalogue
"PRESS OF RUSSIA.
NEWSPAPERS
AND MAGAZINES"
94054 (semi-annual);
Online subscription:
<https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/i94054/>

The Journal is presented
in the system of Russian
Science Citation Index (RSCI)
and on the platform
of Scientific Electronic Library
www.elibrary.ru.

By order of the Higher
Attestation Commission (HAC)
of the Ministry of Education
and Science of the Russian
Federation
dated December 01, 2015:
The Journal has been included in
the List of Reviewed
Scientific Editions,
which shall publish the main
findings of theses:
Ph.D. thesis; doctoral thesis
(HAC's Letter № 13-6518
from 01.12.2015)
(In the HAC List № 900
for October 22, 2021)

Editorial office address:
86, Politekhnicheskaya Str.,
Bldg.1, Rm. 301
Blagoveshchensk,
Amur Region, 675005
Tel. (4162)995147
Tel./fax (4162)995127
www.vestnik.dalgau.ru
e-mail: DVagrovestnik@dalgau.ru

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ.....	7
<i>Барсукова Е. Н., Клыков А. Г.</i> Селекция гречихи на стрессоустойчивость в культуре <i>in vitro</i> ..	7
<i>Бутовец Е. С., Васина Е. А., Кукуруза Г. О., Страшненко Т. Н., Лукьянчук Л. М.</i> Селекционно-генетический анализ гибридов сои первого – третьего поколения	15
<i>Васильев Ф. А., Евтеев В. К., Пальвинский В. В.</i> Сравнительные исследования влияния применения эфлюента на всхожесть ячменя.....	23
<i>Выборова Т. А., Безмутко С. В.</i> Фитосанитарное обследование сои в Приморском крае ..	32
<i>Гученко С. С., Борзаница А. А., Бельская Н. Г.</i> Оценка селекционных образцов риса конкурсного сортоиспытания в условиях Приморского края	40
<i>Пакулина А. П., Лештаева В. В., Козлова А. Б., Тимченко Н. А.</i> Оценка сортов малины по биохимическим показателям ягод в условиях Амурской области	46
<i>Рафальский С. В., Рафальская О. М., Мельникова Т. В.</i> Агроэкологическая оценка перспективных селекционных образцов картофеля в условиях Амурской области	53
<i>Фандеева Я. Д.</i> Перспективы развития картофелеводства в Магаданской области	60
<i>Яковлева В. В.</i> Источники устойчивости к грибным болезням для создания новых сортов сливы в условиях юга Приморья	65
ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ.....	72
<i>Алымова Т. М., Груздова О. В., Корнилова А. В., Демкина О. В.</i> Гематологические показатели собак, инвазированных <i>Dirofilaria immitis</i>	72
<i>Виноградова Е. В., Чугреев М. К., Кульмакова Н. И., Борисова М. М.</i> Влияние бифидогенных добавок к кормам на размеры Пейеровых бляшек в кишечнике кроликов	78
<i>Зарубин Б. Е., Экономов А. В., Колесников В. В., Шевнина М. С., Сергеев А. А.</i> Ресурсы зайца-беляка в Кировской области и их использование	87
<i>Лазаренко Л. В.</i> Пребиотик в кормлении собак: анализ применения	103
<i>Лашин А. П., Симонова Н. В., Саяпина И. Ю.</i> Анализ корреляционных взаимосвязей параметров антиоксидантного статуса и некоторых гематологических показателей у лабораторных животных в условиях ультрафиолетового облучения и введения сукцинатсодержащих препаратов	111
<i>Максимов Н. И., Лашин А. П., Сиразиев Р. З.</i> Влияние углеводных заменителей молока на показатели роста, индексы тела и усвояемость питательных веществ у телят чёрно-пестрой породы	119
<i>Мансурова М. С., Остякова М. Е.</i> Морфометрические показатели ткани некоторых мышц бедра бычков породы герефорд в возрасте 18 и 24 месяцев в условиях Амурской области	127
<i>Москаленко Е. С., Постникова А. Б., Витомскова Е. А.</i> Распространение анизакидоза и дифиллоботриоза морских и пресноводных рыб в условиях Магаданской области.....	137
<i>Просеков А. Ю.</i> Цифровой учёт крупных охотничьих животных на больших территориях (на примере Кемеровской области – Кузбасса)	145
<i>Шарвадзе Р. Л., Бабухадия К. Р., Пензин А. А., Чэнь Юэцзюэ.</i> Сравнительная оценка влияния цеолитов разных месторождений на обмен веществ и продуктивность кур	157

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ	165
<i>Колесников Д. А., Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е.</i> Результаты исследований по получению кормового продукта для молодняка сельскохозяйственных животных ...	165
<i>Кучер А. В., Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Двойнова Н. Ф.</i> Повышение эффективности разгрузочных работ транспортных средств в условиях низких температур окружающей среды.....	173
<i>Савватеева И. А., Друзьянова В. П.</i> Математическая зависимость процесса когенерации биогаза в электрическую энергию при психрофильном режиме	182
<i>Сенников В. А., Сенникова Н. Н., Сенников А. В.</i> Результаты исследований по повышению крутящего момента двигателя	191
<i>Спиридонова А. В., Друзьянова В. П.</i> Математическое описание процесса пиролиза твердого бесподстилочного навоза	196
ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ	
«ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК».....	204

CONTENTS

AGRONOMY	7
<i>Barsukova E. N., Klykov A. G.</i> Buckwheat breeding for stress-resistance <i>in vitro</i> culture	7
<i>Butovets E. S., Vasina E. A., Kukuruza G. O., Strashnenko T. N., Lukyanchuk L. M.</i> Selective genetic analysis of soybean hybrids of the first – third generations	15
<i>Vasilev F. A., Evteev V. K., Palvinskiy V. V.</i> Comparative studies of effluent impact on barley germination	23
<i>Vyborova T. A., Bezmutko S. V.</i> Phytosanitary survey of soybean in Primorsky Krai	32
<i>Guchenko S. S., Borzanitsa A. A., Belskaya N. G.</i> The evaluation of selection rice samples of competitive variety trial in the conditions of Primorsky Krai	40
<i>Pakusina A. P., Leshtaeva V. V., Kozlova A. B., Timchenko N. A.</i> Assessment of raspberry varieties by berry biochemical indicators in the conditions of the Amur region.....	46
<i>Rafalskiy S. V., Rafalskaya O. M., Melnikova T. V.</i> Agroecological assessment of promising potato breeding samples in the conditions of the Amur region	53
<i>Fandeeva Ya. D.</i> Development prospects of potato growing in the Magadan region	60
<i>Yakovleva V. V.</i> Resistance sources to fungal diseases for the creation of new plum varieties in the conditions of the south of Primorye.....	65
VETERINARY AND ANIMAL BREEDING	72
<i>Alymova T. M., Gruzдова O. V., Kornilova A. V., Demkina O. V.</i> Hematologic parameters of dogs infected with <i>Dirofilaria immitis</i>	72
<i>Vinogradova E. V., Chugreev M. K., Kul'makova N. I., Borisova M. M.</i> The effect of bifidogenic feed additives on the size of Peyer's plaques in the intestines of rabbits.....	78
<i>Zarubin B. E., Ekonomov A. V., Kolesnikov V. V., Shevnina M. S., Sergeev A. A.</i> The resources of mountain hare in the Kirov region and their use	87
<i>Lazarenko L. V.</i> Prebiotic in dog feeding: analysis of application	103
<i>Lashin A. P., Simonova N. V., Sayapina I. Yu.</i> Analysis of correlation relationships of the antioxidant status parameters and some hematological indicators in laboratory animals under conditions of ultraviolet irradiation and administration of succinate-containing drugs	111
<i>Maksimov N. I., Lashin A. P., Siraziev R. Z.</i> Effect of carbohydrate milk replacers on growth performance, body indices and nutrient digestibility in calves of black-and-white breed	119
<i>Mansurova M. S., Ostyakova M. E.</i> The morphometric tissue parameters of some thigh muscles of Hereford calf bulls at the age of 18 and 24 months in the conditions of the Amur region	127
<i>Moskalenko E. A., Postnikova A. B., Vitomskova E. A.</i> Spread of anisacidosis and diphyllbothriasis of marine and freshwater fishes in the conditions of the Magadan region ...	137
<i>Prosekov A. Yu.</i> Digital accounting of large hunting animals in large territories (on the example of the Kemerovo region – Kuzbass)	145
<i>Sharvadze R. L., Babukhadiya K. R., Penzin A. A., Chen Yuetszyue.</i> Comparative effect assessment of zeolites of different deposits on the metabolism and productivity of hens.....	157
PROCESSES AND MACHINERY OF AGRO-ENGINEERING SYSTEMS	165
<i>Kolesnikov D. A., Voyakin S. N., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E.</i> Results of research on obtaining fodder product for young farm animals	165

<i>Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Dvoynova N. F.</i>	
Efficiency improvement of vehicle unloading under conditions of low ambient temperatures .	173
<i>Savvateeva I. A., Druzianova V. P.</i> Mathematical dependence of cogeneration process of biogas into electrical energy in psychrophilic regime	182
<i>Sennikov V. A., Sennikova N. N., Sennikov A. V.</i> Results of studies on engine torque increase.	191
<i>Spiridonova A. V., Druzianova V. P.</i> Mathematical description of the pyrolysis process of solid litterless manure	196
THE REQUIREMENTS APPLIED TO THE ARTICLES BEING PUBLISHED	
IN THE FAR EASTERN AGRARIAN HERALD	205

АГРОНОМИЯ

AGRONOMY

УДК 633.12:631.527

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-7-14

Селекция гречихи на стрессоустойчивость в культуре *in vitro*Елена Николаевна Барсукова¹, Алексей Григорьевич Клыков²,^{1,2} Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, Приморский край, Уссурийск, Россия¹enbar9@yandex.ru, ²alex.klykov@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментов с гречихой посевной, проведённые с применением селективных сред с высоким содержанием сульфата меди в лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки. В процессе лабораторных опытов изучено влияние ионов меди на регенерацию микрорастений сорта Изумруд и гибрида Изумруд×Инзерская. В условиях *in vitro* выявлена различная реакция генотипов на ионный стресс. Установлено, что растения сорта Изумруд обладали большей устойчивостью к действию высоких концентраций соли меди, чем гибридные растения. Так, при содержании сульфата меди в среде на уровне 161 и 184 мг/л, микропобеги сорта Изумруд сохранили жизнеспособность, а побеги гибрида её утратили. Полученные, толерантные к меди, растения-регенеранты характеризовались повышенной способностью к биосинтезу рутина. Растения сорта Изумруд после культивирования на селективной среде с содержанием сульфата меди 184 мг/л накапливали максимальное количество рутина (2,77 %), а растения гибрида Изумруд×Инзерская после культивирования на среде с сульфатом меди – в количестве 69 мг/л (2,73 %). Исследования показали, что добавление высоких концентраций тяжелых металлов в состав питательной среды в качестве мутагенного компонента увеличивает изменчивость и возможность получения генетических вариаций, ценных для селекции признаков. Активный синтез флавоноидов у растений связан с повышением устойчивости к токсикантам и другим факторам стресса внешней среды. Селекция растений гречихи с высоким содержанием рутина на этапе культуры *in vitro* позволит повысить эффективность работы по получению исходного материала, способного к адаптации к стрессовым условиям.

Ключевые слова: гречиха, *in vitro*, тяжелые металлы, сульфат меди, селективная среда, рутин

Для цитирования: Барсукова Е. Н., Клыков А. Г. Селекция гречихи на стрессоустойчивость в культуре *in vitro* // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 7–14. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-7-14.

Buckwheat breeding for stress-resistance *in vitro* cultureElena N. Barsukova¹, Aleksey G. Klykov²^{1,2} Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, Primorsky Krai, Ussuriysk, Russia¹enbar9@yandex.ru, ²alex.klykov@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the experiments on common buckwheat carried out using selective medium with high content of copper sulfate in the Laboratory of Agricultural Biotechnology at Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika. The effect of copper ions on the regeneration of microplants of the variety Izumrud

and the hybrid Izumrud×Inzerskaya were studied in the course of the laboratory tests. Under in vitro conditions different reactions of genotypes to ionic stress were identified. It was found that the plants of the variety Izumrud had stronger resistance to high concentrations of copper salt than hybrid plants did. The microshoots of the variety Izumrud maintained viability after exposure to the media with the copper sulfate concentrations of 161 and 184 mg/l, while hybrid microshoots did not. The obtained regenerated plants were tolerant to copper and had a higher capacity for rutin biosynthesis. The plants of the variety Izumrud accumulated a maximum rutin content (2.77 %) after cultivation on the selective medium with the copper sulfate concentration of 184 mg/l, while plants of hybrid Izumrud×Inzerkaya accumulated 2.73 % of rutin after cultivation on the selective medium with the copper sulfate concentration of 69 mg/l. The studies have shown that the addition of high concentrations of heavy metals to the nutrient medium as a mutagenic component increases the variability and the possibility of obtaining genetic variations that are valuable for selection of traits. Active synthesis of flavonoids in plants is linked to the strengthening of resistance to toxic agents and other stress factors of environment. Breeding of buckwheat plants with high rutin content at the stage of in vitro can improve effectiveness of work on obtaining source material capable of adaptation to stress conditions.

Keywords: buckwheat, *in vitro*, heavy metals, copper sulfate, selective medium, rutin

For citation: Barsukova E. N., Klykov A. G. Buckwheat breeding for stress-resistance *in vitro* culture. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 7–14. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-7-14.

Введение. В настоящее время в мире, в том числе и в России, происходит изменение климата [14]. Мировое сообщество уделяет все большее внимание разработке адаптационных мер к такому изменению [5]. В России утверждён национальный план мероприятий по адаптации отраслей экономики страны [11], разрабатывается программа и по адаптации работы агропромышленного комплекса.

В этой связи становится особенно актуальным поиск эффективных способов создания сортов, устойчивых к стрессам. В Федеральном научном центре агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки для получения нового исходного материала сои и гречихи посевной, наряду с гибридизацией, используется метод культуры ткани в сочетании с применением селективных сред с высокими концентрациями ионов тяжёлых металлов в качестве мутагенного фактора [2, 8, 10].

Известно, что накопление металлов в молекулах нуклеиновых кислот приводит к нарушению функционирования клеток и может быть причиной ионного стресса у растений [4, 19]. Металлы не оказывают прямого воздействия на ДНК клеток, а действуют косвенно, увеличивая количество внутриклеточных свободных радикалов за счет ингибирования ферментов [18, 20]. Флавоноиды, являясь сильными анти-

оксидантами, уменьшают количество свободных радикалов в клетках, препятствуя тем самым развитию окислительного стресса, возникающего при воздействии поллютантов [1, 15]. Биосинтез флавоноидов в клетках ассимиляционных органов может повысить эффективность антиоксидантной системы в процессах нейтрализации продуктов окислительного стресса и способствовать повышению устойчивости растений к действию токсикантов. У растений, способных адаптироваться к действию стресс-факторов, повышается содержание фенольных соединений в клетках в сравнении с формами с низкой жизнеспособностью и адаптивной реакцией [12]. В этой связи отбор форм гречихи с повышенным содержанием рутина способствует получению устойчивых к разнообразным стрессовым факторам внешней среды сортов.

Целью настоящей работы являлось изучение действия повышенных концентраций меди на регенерацию растений гречихи посевной *in vitro* и получение толерантных к меди микрорастений с повышенным содержанием рутина.

Материалы и методика исследований. Эксперименты выполнены в лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии Федерального научного центра

агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки в 2018–2020 гг.

В качестве объекта исследований использовали зрелые семена гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench) сорта Изумруд и гибрида Изумруд×Инзерская. Дезинфекцию (обеззараживание) проводили погружением семян в концентрированную серную кислоту (H_2SO_4) на 2 минуты. Затем трёхкратно промывали стерильной дистиллированной водой в условиях ламинар-бокса, снимали перикарпий. Обеззараженные семена без перикарпия пассировали на питательную среду с минеральной основой Мурасиге-Скуга (далее – МС) [21], содержащую в миллиграммах на литр: тиамин – 2, пиридоксин – 1, гидролизат казеина – 1 000, а также 20 г/л сахарозы и 6 г/л агара при уровне рН 5,8–6,0. Питательную среду автоклавировали 20 минут при температуре 121 °С.

Асептические семена и растения культивировали при температуре равной 22 ± 2 °С, световом дне продолжительностью 16 часов и освещённости 4,5 килолюкс. У проростков гречихи отделяли часть стебля длиной 1,0–1,5 см без семядольных листьев и помещали на среду МС. Стебель микрорастений разрезали на микрочеренки (сегменты с одной пазушной почкой длиной 1,0 см) и пассировали на селективные среды МС с добавлением сульфата меди ($CuSO_4 \times 5H_2O$) в объёме 23, 46, 69, 161 и 184 мг/л. Культивирование эксплантов гречихи на селективной среде проводили в течение 25 суток. Контрольные растения выращивали на среде МС со стандартным содержанием сульфата меди (0,025 мг/л) [13]. Дальнейшее микро размножение растений осуществляли также на среде МС, состав которой приведен выше.

Содержание рутина в растениях-регенерантах гречихи посевной определяли в Тихоокеанском институте биоорганической химии имени Г. Б. Елякова ДВО РАН по методике М. Н. Запрометова [9].

Опыты проводили в трех биологических повторностях. Статистическую обработку данных осуществляли с использованием статистического анализа по методике Б. А. Доспехова [7].

Результаты и обсуждение. Изучаемые генотипы гречихи посевной в условиях *in vitro* по-разному реагировали

на повышенное содержание соли меди в питательной среде. Микробоги гречихи сорта Изумруд характеризовались большей устойчивостью к высоким концентрациям сульфата меди, чем экспланты гибрида Изумруд×Инзерская.

Культивирование микробога гибрида Изумруд×Инзерская и сорта Изумруд на селективной среде показало, что с увеличением концентрации в питательной среде ионов меди повышался их ингибирующий эффект на растения гречихи. Токсическое действие меди проявлялось в уменьшении высоты, снижении количества междоузлий и листьев, отсутствии корневой системы у микрорастений. Характерным признаком отрицательного действия тяжелого металла на растения являлось изменение окраски с зелёной на бледно-зелёную с желтоватым оттенком. Токсический эффект ионов меди на растения *in vitro* отмечен при добавлении в среду 46 мг/л сульфата меди. Стрессовое действие меди значительно возросло при содержании сульфата меди в среде до 161 и 184 мг/л. Данные концентрации были сублетальными для растений сорта Изумруд и летальными для гибридных растений.

В результате проведённого исследования количественного содержания рутина в зелёной массе микрорастений, после культивирования на питательных средах с сернокислой медью, выявлена прямая зависимость между содержанием рутина и концентрацией сульфата меди в селективной среде. С увеличением концентрации ионов меди в среде возрастало количество рутина в растениях (рис. 1).

В вариантах опыта при содержании соли меди в селективной среде в объёме 69 мг/л микрорастения сорта Изумруд накапливали 2,55 %, а гибрид Изумруд×Инзерская – 2,73 % рутина. При этом имело существенное превышение ($P < 0,05$) по сравнению с контрольными растениями, которое составило на 12,8 и 26,9 % соответственно. Также установлено, что при увеличении концентрации соли меди в селективной среде до 161 мг/л содержание рутина в растениях сорта Изумруд значительно возросло на 20,35 % (2,72 %), а при концентрации сульфата меди в среде до 184 мг/л – на 22,57 % (2,77 %) по сравнению с контрольными микрорастениями (2,26 %).

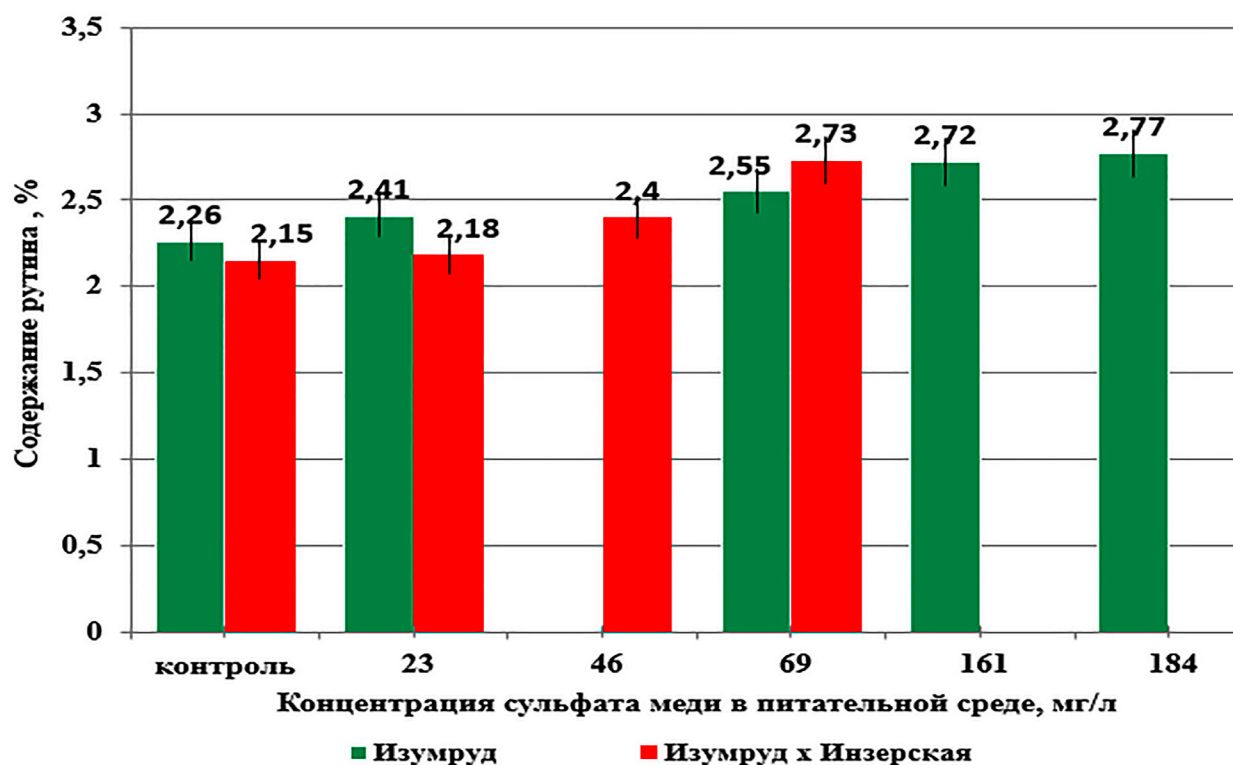


Рисунок 1 – Влияние сульфата меди на накопление рутина в растениях-регенерантах гречихи в культуре *in vitro* ($P < 0,05$)

У потомства микрорастений при выращивании в полевых условиях в селекционном питомнике в 2020 г. сохранилась повышенная способность к синтезу флавоноида. Так, содержание рутина в надземной массе растений сорта Изумруд, которые являлись потомством микрорастений, культивированных на среде с сульфатом меди высокой концентрации (на уровне 184 мг/л), составляло 3,93 %, что превысило показатель контроля (3,19 %) на 23,2 %.

Тяжелые металлы являются одним из абиотических стрессоров растений. Использование сульфата меди в селективной среде при культивировании растений-регенерантов *F. esculentum* способствовало более интенсивному (в 1,2 раза) накоплению флавоноидов в сравнении с контролем, что, по-видимому, связано с ответной реакцией растений на действие ионного стресса. Многие гены биосинтеза флавоноидов также индуцируются в условиях стресса. Поэтому биосинтез флавоноидов часто стимулируется в большей степени у стрессочувствительных видов, чем у стрессоустойчивых [17].

Это утверждение согласуется с результатами нашего эксперимента. Гибридные растения Изумруд×Инзерская проявили меньшую толерантность к меди: при концентрациях соли меди 161 и 184 мг/л произошла гибель микропобегов. Однако растения гибрида адаптировались к содержанию сульфата меди в среде 69 мг/л, при котором наблюдалось максимальное увеличение количества рутина на 26,9 % больше, чем в контроле.

У растений-регенерантов гречихи, выживших при культивировании на средах с повышенными концентрациями соли меди, наряду с усилением толерантности к меди произошли изменения в биосинтезе рутина, которые сохраняются в последующих поколениях. Флавоноиды относятся к числу наиболее биологически активных вторичных метаболитов в растениях и представляют собой вторичную антиоксидантную систему, которая активируется в результате истощения активности антиоксидантных ферментов [22].

Высокая способность к накоплению фенольных соединений как важных

компонентов антиоксидантной системы защиты растений может служить критерием высокой устойчивости растений к действию стрессовых факторов. Отбор форм гречихи с повышенным содержанием флавоноидов способствует выведению адаптивных сортов, устойчивых к разнообразным стрессовым факторам внешней среды.

Возникающая генетическая варибельность, названная соматклональной, расширяет спектр изменчивости исходного материала, повышая эффективность отбора, в том числе по устойчивости к стрессам [3, 6]. Ранее нами по результатам ПЦР анализа было показано, что изменения в растениях-регенерантах под действием

высоких концентраций ионов меди в среде происходят на генетическом уровне [10], судя по тому, что способность к повышенному накоплению рутина у потомства в последующих поколениях сохраняется, данные изменения наследуются.

Таким образом, использование мутагенного фактора (воздействия ионов тяжелых металлов на клетки и ткани растений) способствовало получению растений-регенерантов с измененной генетической природой и с повышенным накоплением рутина. Полученные толерантные к меди микрорастения являются важным источником нового исходного материала при проведении селекции гречихи на адаптивность.

Список источников

1. Афанасьева Л. В. Изменение содержания фенольных соединений в хвое сосны обыкновенной в условиях техногенного стресса // Факторы устойчивости растений в экстремальных природных условиях и техногенной среде : материалы всерос. науч. конф. (Иркутск, 10–13 июня 2013 г.). Иркутск : Сибирский институт физиологии и биохимии растения Сибирского отделения Российской академии наук, 2013. С. 27–30.
2. Барсукова Е. Н., Клыков А. Г., Чайкина Е. Л. Использование метода культуры ткани для создания новых форм *Fagopyrum esculentum* Moench // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 5. С. 3–6.
3. Бычкова О. В. Создание стрессоустойчивого материала твердой пшеницы методом клеточной селекции : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Барнаул, 2018. 18 с.
4. Гончарова Л. И., Селезнева Е. М., Белова Н. В. Изменение интенсивности перекисного окисления липидов и накопления свободного пролина в листьях ячменя в условиях загрязнения почвы медью и цинком // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. № 2. С. 12–14.
5. Доклад о научно-методических основах для разработки стратегий адаптации к изменениям климата в Российской Федерации (в области компетенции Росгидромета) / под ред. В. М. Катцова, Б. Н. Порфирьева. СПб : Амирит, 2020. 120 с.
6. Долгих Ю. И. Соматклональная изменчивость растений и возможности ее практического использования (на примере кукурузы) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Москва, 2005. 45 с.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Альянс, 2014. 351 с.
8. Ефремова О. С., Фисенко П. В. Влияние мутагенного действия ионов меди на уровень генетической изменчивости регенерантов сои // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 4 (44). С. 30–36.
9. Запрометов М. Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М. : Наука, 1993. 272 с.
10. Использование методов биотехнологии в селекции гречихи на Дальнем Востоке / Е. Н. Барсукова [и др.] // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2020. № 4. С. 58–66.

11. Об утверждении Национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 г : распоряжение Правительства РФ от 25.12.2019 № 3183-р // Гарант. URL.: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73266443> (дата обращения 30.09.2021).
12. Особенности образования фенольных соединений в проростках гречихи (*Fagopyrum esculentum* Moench) различных сортов / В. В. Казанцева [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2015. № 5 (50). С. 611–619.
13. Перспективы и результаты селекции *Fagopyrum esculentum* на повышенное содержание флавоноидов / А. Г. Клыков [и др.] // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2019. № 3. С. 5–16.
14. Снакин В. В. Глобальное изменение климата: прогнозы и реальность // Жизнь Земли. 2019. № 2 (41). С. 148–164.
15. Фенольные соединения хвойных деревьев в условиях стресса / И. Л. Фуксман [и др.] // Лесоведение. 2005. № 3. С. 4–10.
16. Developing stress tolerant plants through *in vitro* selection. An overview of the recent progress / М. К. Rai [et al.] // Environmental and Experimental Botany. 2011. Vol. 71. P. 89–98.
17. Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance / G. Agati [et al.] // Plant Science. 2012. Vol. 196. P. 67–76.
18. Gebhart E. Chromosome damage in individuals exposed to heavy metals // Environmental Toxicology and Chemistry. 1984. Vol. 8. P. 253–266.
19. Mahalingam R., Federoff N. Stress response, cell death and signaling: the many faces of reactive oxygen species // Physiologia Plantarum. 2003. Vol. 119. P. 56–60.
20. Maksymiec W. Effect of copper on cellular processes in higher plants // Photosynthetica. 1997. Vol. 34. P. 132–342.
21. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum. 1962. Vol. 15. P. 473–497.
22. Salicylic Acid Induction of Flavonoid Biosynthesis Pathways in Wheat Varies by Treatment / O. K. Gondor [et al.] // Frontiers in Plant Science. 2016. Vol. 7. P. 1447.

References

1. Afanasjeva L. V. Izmenenie sodержaniya fenol'nykh soedinenij v khvoe sosny obyknovennoj v usloviyakh tekhnogennoogo stressa [Change in the content of phenol conglomerates in pine needles and coniferous trees under conditions of technogenic stress]. Proceeding from Factors of plant resistance in extreme natural conditions and man-made environment: *Vserossijskaya nauchnaya konferenciya (10–13 iyunya 2013 g.) – All-Russian Scientific Conference*. (PP. 27–30), Irkutsk, Sibirskij institut fiziologii i biohimii rasteniya Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk, 2013 (in Russ.).
2. Barsukova E. N., Klykov A. G., Chaikina E. L. Ispol'zovanie metoda kul'tury tkani dlya sozdaniya novykh form *Fagopyrum esculentum* Moench [Using of the explant culture method to create new forms by *Fagopyrum esculentum* Moench]. *Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. – Russian Agricultural Sciences*, 2019; 5: 3–6 (in Russ.).
3. Bychkova O. V. Sozдание stressoustojchivogo materiala tverdoj pshenitsy metodom kletочноj selektsii [Creation of stress-resistant material of durum wheat by cell selection]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Barnaul, 2018, 18 p. (in Russ.).
4. Goncharova L. I., Seleznyova E. M., Belova N. V. Izmenenie intensivnosti perekisnogo okisleniya lipidov i nakopleniya svobodnogo prolina v list'yakh yachmenya v usloviyakh zagryazneniya pochvy med'yu i cinkom [Changes in the intensity of lipid peroxidation and

accumulation of free proline in barley leaves under conditions of soil contamination with copper and zinc]. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennikh nauk. – Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, 2009; 2: 12–14 (in Russ.).

5. Katsova V. M., Porfir'eva B. N. (Eds.). *Doklad o nauchno-metodicheskikh osnovakh dlya razrabotki strategiy adaptatsii k izmeneniyam klimata v Rossiyskoy Federatsii (v oblasti kompetentsii Rosgidrometa)* [Report on the scientific and methodological foundations for the development of strategic adaptation to climate change in the Russian Federation (in the field of competence of Roshydromet)], Sankt-Petersburg, Amirit, 2020, 120 p. (in Russ.).

6. Dolgikh Iu. I. Somaklonal'naya izmenchivost' rastenii i vozmozhnosti ee prakticheskogo ispol'zovaniya (na primere kukuruzy) [Somaclonal variability of the plant and the possibilities of its practical use (on the example of corn)]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moskva, 2005, 45 p. (in Russ.).

7. Dospikhov B. A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Field experiment technique (with the basics of statistical processing of the results investigated)], Moskva, Aljans, 2014, 351 p. (in Russ.).

8. Efremova O. S., Fisenko P. V. Vliyanie mutagennogo dejstviya ionov medi na uroven' geneticheskoy izmenchivosti regenerantov soi [Influence of the mutagenic effect of copper ions on the level of genetic variability of soybean regenerants]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Herald*, 2017; 4 (44): 30–36 (in Russ.).

9. Zaprometov M. N. *Fenol'nihe soedineniya: rasprostraneniye, metabolizm i funktsii v rasteniyakh* [Phenolic Compounds: Distribution, Metabolism and Function in Plants], Moskva, Nauka, 1993, 272 p. (in Russ.).

10. Barsukova E. N., Klykov A. G., Fisenko P. V., Borovaya S. A., Chaikina E. L. Ispol'zovanie metodov biotekhnologii v selektsii grechikhi na Dal'nem Vostoke [The use of biotechnology methods in buckwheat breeding in the Far East]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk. – Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2020; 4: 58–66 (in Russ.).

11. Rasporyazheniye Pravitel'stva RF ot 25 dekabrya 2019 g. № 3183-r "Ob utverzhdenii Nacional'nogo plana meropriyatij pervogo etapa adaptatsii k izmeneniyam klimata na period do 2022 g." [The decree of the Government of the Russian Federation of December 25, 2019 No. 3183-r "On approval of the National Action Plan for the first stage of adaptation to climate change for the period up to 2022"]. *Garant.ru* Retrieved from <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73266443> (Accessed 30 September 2021) (in Russ.).

12. Kazantseva V. V., Goncharuk E. A., Fesenko A. N., Shirokova A. V., Zagoskina N. V. Osobennosti obrazovaniya fenol'nikh soedinenij v prorstokakh grechikhi (*Fagopyrum esculentum* Moench) razlichnikh sortov [Peculiarities of the formation of phenols combined in buckwheat seedlings (*Fagopyrum esculentum* Moench) of various varieties]. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – Agricultural Biology*, 2015; 5 (50): 611–619 (in Russ.).

13. Klykov A. G., Barsukova E. N., Chaikina E. L., Anisimov M. M. Perspektivih i rezul'taty selektsii *Fagopyrum esculentum* na povyshhennoe sodержanie flavonoidov [The result of *Fagopyrum esculentum* selection for the increased content of flavonoids]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk. – Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2019; 3: 5–16 (in Russ.).

14. Snakin V. V. Global'noe izmeneniye klimata: prognozy i real'nost' [Global climate change: forecast and reality]. *Zhizn' zemli. – Life of the Earth*, 2019; 2 (41): 148–164 (in Russ.).

15. Fuksman I. L., Novitskaya L. L., Isidorov V. A., Roshchin V. I. Fenol'nihe soedineniya khvojnykh derev'ev v usloviyakh stressa [Phenolic compounds of conifers under stress]. *Lesovedeniye. – Forest science*, 2005; 3: 4–10 (in Russ.).

16. Rai M. K., Kalia R. K., Singh R., Gangola M. P., Dhawan A. K. Developing stress tolerant plants through *in vitro* selection. An overview of the recent progress. *Environmental and Experimental Botany*, 2011; 71: 89–98.
17. Agati G., Azzarello E., Pollastri S., Tattini M. Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance. *Plant Science*, 2012; 196: 67–76.
18. Gebhart E. Chromosome damage in individuals exposed to heavy metals. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1984; 8: 253–266.
19. Mahalingam R., Federoff N. Stress response, cell death and signaling: the many faces of reactive oxygen species. *Physiologia Plantarum*, 2003; 119: 56–60.
20. Maksymiec W. Effect of copper on cellular processes in higher plants. *Photosynthetica*, 1997; 34: 132–342.
21. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 1962; 15: 473–497.
22. Gondor O. K., Janda T., Soós V., Pál M., Majláth I., Adak M. K. [et al.]. Salicylic Acid Induction of Flavonoid Biosynthesis Pathways in Wheat Varies by Treatment. *Frontiers in Plant Science*, 2016; 7: 1447.

© Барсукова Е. Н., Клыков А. Г., 2021

Статья поступила в редакцию 28.09.2021; одобрена после рецензирования 19.10.2021; принята к публикации 03.12.2021.

The article was submitted 28.09.2021; approved after reviewing 19.10.2021; accepted for publication 03.12.2021.

Информация об авторах

Барсукова Елена Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, enbar9@yandex.ru;

Клыков Алексей Григорьевич, доктор биологических наук, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий отделом селекции и биотехнологии сельскохозяйственных культур, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, alex.klykov@mail.ru

Information about the authors

Elena N. Barsukova, Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher at the Laboratory of Agricultural Biotechnology, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, enbar9@yandex.ru;

Aleksey G. Klykov, Doctor of Biological Sciences, the Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Selection and Biotechnology of Agricultural Crops, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, alex.klykov@mail.ru

УДК 633.853.52:631.527

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-15-22

Селекционно-генетический анализ гибридов сои первого – третьего поколения

Екатерина Сергеевна Бутовец¹, Евгения Александровна Васина²,
Галина Олеговна Кукуруза³, Татьяна Николаевна Страшненко⁴,
Людмила Михайловна Лукьянчук⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока
имени А. К. Чайки, Приморский край, Уссурийск, Россия

^{1, 2, 3, 4, 5} otdelsoy@mail.ru

Аннотация. Селекционная работа по созданию перспективных сортов сои будет более эффективной, если учитывать и использовать информацию о наследовании признаков и степени их проявления. Целью представленной работы стало определение эффекта гетерозиса и степени фенотипического доминирования у гибридов первого поколения, трансгрессивной изменчивости хозяйственно ценных признаков у гибридных потомств второго и третьего поколений, выделение перспективных линий сои. В результате проведенных исследований, в первом поколении выявлены фенотипическое сверхдоминирование наследования признаков и высокая степень гетерозиса (более 51,0 %) у 54,5 % комбинаций по числу и массе семян с растения. Степень и частота трансгрессии в гибридных популяциях второго и третьего поколения сои варьировали в зависимости от комбинации и поколения. Выделены перспективные линии сои с донорскими свойствами: по числу семян на растении – НИИСХ 4×Тайфун; по массе семян с растения – Тайфун×Ариса, НИИСХ 3×Тайфун и НИИСХ 3×Ариса; по числу бобов на растении – Приморская 96×Киото, НИИСХ 4×Киото и Приморская 96×Тайфун. В большинстве случаев степень трансгрессии гибридов не была связана с ее частотой, в отдельных комбинациях и признаках наблюдалось резкое снижение значений в третьем поколении по сравнению со вторым.

Ключевые слова: соя, гибрид, гетерозис, трансгрессия, комбинация, фенотипическое доминирование

Для цитирования: Бутовец Е. С., Васина Е. А., Кукуруза Г. О., Страшненко Т. Н., Лукьянчук Л. М. Селекционно-генетический анализ гибридов сои первого – третьего поколения // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 15–22. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-15-22.

Selective genetic analysis of soybean hybrids of the first – third generations

Ekaterina S. Butovets¹, Evgeniya A. Vasina², Galina O. Kukuruza³,
Tatiana N. Strashnenko⁴, Ludmila M. Lukyanchuk⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika,
Primorsky Krai, Ussuriysk, Russia

^{1, 2, 3, 4, 5} otdelsoy@mail.ru

Abstract. The work on breeding of promising soybean varieties will be more efficient if the information on trait inheritance and degree of their manifestation is taken into consideration and used henceforth. The purpose of presented work was to identify heterosis effect and a degree of phenotypic dominance of F₁ hybrids, transgressive variation of economically valuable traits of F₂ and F₃ hybrid offspring, and to identify promising soybean lines. As a result of the conducted research, phenotypic overdominance of trait inheritance and a high degree of heterosis (more

than 51.0 %) in F_1 in 54.5 % of combinations by the number and mass of seeds per plant were figured out. The degree and frequency of transgression in F_2 and F_3 hybrid populations of soybean varied depending on combinations and generations. Promising soybean lines with donor traits were identified: by the number of seeds per plant – NIISKH 4×Typhoon; by the mass of seeds per plant – Typhoon×Arisa, NIISKH 3×Typhoon and NIISKH 3×Arisa; by the number of beans per plant – Primorskaya 96×Kyoto, NIISKH 4×Kyoto and Primorskaya 96×Typhoon. In most cases, the degree of hybrid transgression did not correlate with its frequency, in some combinations and characteristics it was observed that values decreased rapidly in F_3 in comparison with F_2 .

Keywords: soybean, hybrid, heterosis, transgression, combination, phenotypic dominance

For citation: Butovets E. S., Vasina E. A., Kukuruzza G. O., Strashnenko T. N., Lukyanchuk L. M. Selective genetic analysis of soybean hybrids of the first – third generations. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 15–22. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-15-22.

Введение. Создание урожайных сортов сои с высокими качественными характеристиками является постоянной задачей на протяжении всей селекционной деятельности учёных [10–12]. Предварительно необходимо изучить гермоплазму сои, которая будет использована в качестве родительских пар при скрещиваниях, знать их положительные и отрицательные стороны, характер наследования [2, 6].

Основным методом конструирования нового исходного материала сои является внутривидовая искусственная гибридизация, вследствие которой можно получить широкий спектр рекомбинантных форм. Среди них можно выявить гетерозисные и трансгрессивные гибриды, проявления признаков которых имеют значительное превосходство над родительскими образцами. Результатом генетической рекомбинации является эффект суммарного действия полимерных генов, выражающийся в стабильном увеличении (положительная трансгрессия) или снижении (отрицательная трансгрессия) показателя любого селекционного признака у растений в потомстве по сравнению с родительскими формами [1, 7]. Как правило, за счет получения положительных трансгрессивных форм происходит селекционное улучшение растений, повышение урожайности культуры.

Целью представленной работы является определение эффекта гетерозиса и степени фенотипического доминирования у гибридов первого поколения (F_1), трансгрессивной изменчивости хозяйственно ценных признаков у гибридных потомств второго и третьего поколений

(F_2 и F_3), выделение перспективных линий сои.

Материалы и методика исследований. Исследования проводились в 2016–2019 гг. в лаборатории селекции сои Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки, расположенном вблизи г. Уссурийск. В годы проведения опытов метеорологические условия были контрастными, но в основном они соответствовали биологическим потребностям сои. Почва опытного участка – лугово-бурая, отбелённая с тяжелым механическим составом [5].

Подбор родительских форм происходил с учетом их филогенетической и эколого-географической отдалённости из биоресурсной коллекции Федерального научного центра. По результатам изучения гермоплазмы сои выделены сорта для включения в гибридизационный процесс: с высоким уровнем адаптации к погодно-климатическим условиям Приморского края – сорт сои селекции Федерального научного центра (Приморская 96); продуктивные, высокобелковые сортообразцы канадской селекции – Киото, Ариса, Тайфун, а также китайской селекции – НИИСХ 3, НИИСХ 4, различающиеся по периоду вегетации и морфологическим признакам.

Исходный материал сои создавался эффективным методом конструирования генетической изменчивости – искусственной гибридизацией в 2016 г. В результате скрещиваний получено 310 гибридных семян сои. В 2017 г. гибридные образцы первого поколения (F_1) и родительские

формы высевали вручную по блочной схеме «мать – гибрид – отец» на площади делянки 0,5 м². На основании гибридологического и структурного анализа по каждой комбинации в F₁ определяли степень фенотипического доминирования (H_p) и гетерозиса (Г%) по признакам число и масса семян с растения [9].

В 2018–2019 гг. проведен посев питомников сои второго (F₂) и третьего поколений (F₃) на площади делянки 1,8 м². Общее количество гибридных растений в F₂ составило 4 576, в F₃ – 9 160. У гибридов определяли степень и частоту положительных трансгрессий (T_c и T_ч) изучаемых признаков (число и масса семян с растения, число бобов и ветвей, высота растения), по методике Г. С. Воскресенской и В. И. Шпота [12]. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [4].

Результаты и обсуждение исследований. Ценность любой родительской формы, используемой в скрещиваниях, зависит не только от степени проявления комплекса её положительных характеристик, но и от способности производить потомство с показателями лучше, чем у родителей, то есть гетерозисным эффектом [9]. В результате рекомбинантных скрещиваний получено одиннадцать перспективных гибридных комбинаций с гетерозисным эффектом по некоторым элементам структуры урожая: число и масса семян с растения (табл. 1). Высокая степень гетерозиса (более 51 %) выявлена у 54,5 % комбинаций. Анализ наследования признаков у гибридов первого поколения показал фенотипическое сверхдоминирование (H_p > 1) от 1,7 до 29,3. Максимальные значения отмечены у гибридов Приморская 96×Киото.

Таблица 1 – Степень фенотипического доминирования и величина гетерозиса у гибридов первого поколения (F₁) в 2017 г.

Гибридная комбинация	P♀	F ₁	P♂	H _p	Г%
Число семян на растении, шт.					
♀Приморская 96×♂НИИСХ 3	86,0	180,3	110,4	6,7	63,3
♀Приморская 96×♂Киото	94,0	151,5	100,2	17,5	51,2
♀Приморская 96×♂Тайфун	94,7	150,3	135,2	1,7	11,1
♀НИИСХ 3×♂Киото	112,6	232,0	86,7	10,2	106,0
♀НИИСХ 3×♂Ариса	115,1	230,0	98,3	14,7	99,8
♀НИИСХ 3×♂Тайфун	97,9	197,3	128,0	5,6	54,1
♀НИИСХ 4×♂Тайфун	102,0	156,2	132,1	2,6	18,2
♀НИИСХ 4×♂Киото	110,2	143,3	86,3	3,7	30,0
♀Тайфун×♂Ариса	99,6	123,5	86,9	4,7	24,0
♀Тайфун×♂Киото	112,6	173,4	99,4	10,2	54,0
♀Ариса×♂Киото	78,6	105,7	94,1	2,5	12,3
НСР _{0,95}	14,6	50,5	19,5	–	–
Масса семян с растения, г					
♀Приморская 96×♂НИИСХ 3	11,6	28,1	17,2	4,9	63,4
♀Приморская 96×♂Киото	12,6	21,7	13,2	29,3	64,4
♀Приморская 96×♂Тайфун	13,7	21,7	15,2	9,7	42,7
♀НИИСХ 3×♂Киото	17,8	38,7	11,4	7,5	117,4
♀НИИСХ 3×♂Ариса	17,9	38,8	13,1	9,7	116,7
♀НИИСХ 3×♂Тайфун	15,2	28,2	14,1	24,6	85,5
♀НИИСХ 4×♂Тайфун	18,9	23,0	14,8	3,0	21,7
♀НИИСХ 4×♂Киото	14,9	21,8	11,0	4,5	46,3
♀Тайфун×♂Ариса	11,2	16,8	13,0	5,2	29,2
♀Тайфун×♂Киото	12,4	21,0	13,0	27,6	61,5
♀Ариса×♂Киото	10,6	15,9	12,1	6,1	31,4
НСР _{0,95}	3,3	8,8	2,5	–	–

Таблица 2 – Степень и частота трансгрессий по некоторым элементам структуры урожая в гибридных комбинациях сои (2018–2019 гг.)

Гибридная комбинация	Степень трансгрессии, %		Частота трансгрессии, %	
	F ₂	F ₃	F ₂	F ₃
Число семян на растении				
Приморская 96×НИИСХ 3	6,2	2,1	50,0	29,0
Приморская 96×Киото	16,1	10,2	40,0	12,0
Приморская 96×Тайфун	9,8	34,0	66,6	7,0
НИИСХ 3×Киото	14,7	–6,4	100,0	0,0
НИИСХ 3×Ариса	17,4	53,3	75,0	60,0
НИИСХ 3×Тайфун	15,4	43,3	100,0	100,0
НИИСХ 4×Тайфун	8,6	85,3	100,0	75,0
НИИСХ 4×Киото	35,0	–24,1	96,0	0,0
Тайфун×Ариса	19,4	16,9	33,3	33,3
Тайфун×Киото	35,0	41,7	100,0	72,0
Ариса×Киото	6,3	2,4	50,0	47,0
Масса семян с растения				
Приморская 96×НИИСХ 3	34,7	–13,4	92,0	0,0
Приморская 96×Киото	54,8	11,1	100,0	43,0
Приморская 96×Тайфун	30,7	25,2	87,0	11,0
НИИСХ 3×Киото	34,0	5,9	100,0	20,0
НИИСХ 3×Ариса	32,2	32,2	97,0	47,0
НИИСХ 3×Тайфун	58,3	49,0	98,0	87,0
НИИСХ 4×Тайфун	16,6	11,2	100,0	100,0
НИИСХ 4×Киото	17,0	1,0	67,0	21,0
Тайфун×Ариса	38,7	62,0	90,0	16,0
Тайфун×Киото	1,7	20,0	25,0	19,0
Ариса×Киото	12,9	1,2	85,0	9,0
Число бобов на растении				
Приморская 96×НИИСХ 3	35,5	–14,4	87,0	0,0
Приморская 96×Киото	33,5	21,9	96,0	22,0
Приморская 96×Тайфун	19,2	12,7	67,0	18,0
НИИСХ 3×Киото	10,8	1,2	92,0	36,0
НИИСХ 3×Ариса	24,4	–2,5	34,0	0,0
НИИСХ 3×Тайфун	44,8	6,7	100,0	12,5
НИИСХ 4×Тайфун	2,9	11,4	15,0	50,0
НИИСХ 4×Киото	9,1	14,3	20,0	20,0
Тайфун×Ариса	11,6	5,3	22,0	16,0
Тайфун×Киото	36,0	6,5	75,0	40,0
Ариса×Киото	21,2	–9,3	82,0	0,0

Степень и частота трансгрессии по отдельным элементам структуры урожая в гибридных популяциях F₂ и F₃ сои варьировали в зависимости от комбинации и поколения (табл. 2). Степень трансгрессии гибридов по показателю «число семян на растении» в некоторой мере снизилась к третьему поколению (до 10,9 %). Самое высокое значение (85,3 %) наблюдали у генотипов НИИСХ 4×Тайфун. Частота

трансгрессивных форм в поколении F₃ по сравнению с поколением F₂ существенно снизилась, за исключением двух комбинаций (НИИСХ 3×Тайфун и Тайфун×Ариса), проявивших стабильность в значениях.

В третьем поколении донорскими свойствами по показателю масса семян с растения (продуктивность) обладали такие гибридные генотипы: Тайфун×Ариса,

НИИСХ 3×Тайфун и НИИСХ 3×Ариса, у которых степень трансгрессии была самой высокой и составляла 62,0, 49,0 и 32,2 % соответственно. Образцы сои комбинации НИИСХ 4×Тайфун сохранили 100-процентную частоту трансгрессии по поколениям при невысокой степени проявления трансгрессии.

По степени трансгрессии показателя число бобов на растении наиболее перспективными следует считать следующие комбинации: Приморская 96×Киото, НИИСХ 4×Киото и Приморская 96×Тайфун, у которых в третьем поколении значения были самыми высокими и составляли 21,9, 14,3 и 12,7 % соответственно. При этом частота трансгрессии варьировала от 18 до 22 %.

Стабильное снижение частоты и степени трансгрессивности гибридов к треть-

ему поколению наблюдали в комбинации Приморская 96×НИИСХ 3 по трём хозяйственно ценным признакам.

Анализ морфобиологических признаков гибридных генотипов сои (высота растений и число ветвей), влияющих на формирование продуктивности растений, показал, что в некоторых случаях относительно высокая степень трансгрессии согласуется с относительно высокой частотой ее проявления (табл. 3).

Степень трансгрессии по высоте растений в F₂ и F₃ оказалась достаточно низкой у всех рекомбинантных гибридов (в некоторых случаях отрицательной). Её колебание находилось в пределах от -20,7 до 10,7 %. При обобщенности показателей степени и частоты трансгрессии, наиболее высокие значения имели гибриды комбинации НИИСХ 3×Тайфун.

Таблица 3 – Трансгрессивная изменчивость морфобиологических признаков гибридов сои (2018–2019 гг.)

Гибридная комбинация	Степень трансгрессии, %		Частота трансгрессии, %	
	F ₂	F ₃	F ₂	F ₃
Высота растений				
Приморская 96×НИИСХ 3	-2,2	-4,6	0,0	0,0
Приморская 96×Киото	10,2	0,3	68,0	35,0
Приморская 96×Тайфун	4,8	-9,8	11,1	0,0
НИИСХ 3×Киото	4,1	9,3	85,0	41,0
НИИСХ 3×Ариса	-19,8	4,5	0,0	10,0
НИИСХ 3×Тайфун	-5,3	10,7	0,0	57,1
НИИСХ 4×Тайфун	6,1	-20,7	70,0	0,0
НИИСХ 4×Киото	-1,9	2,2	0,0	62,0
Тайфун×Ариса	-4,4	7,8	0,0	33,0
Тайфун×Киото	-4,6	-6,5	0,0	0,0
Ариса×Киото	1,1	2,3	18,0	30,0
Число ветвей				
Приморская 96×НИИСХ 3	128,0	-12,5	85,0	0,0
Приморская 96×Киото	50,0	75,0	40,0	62,0
Приморская 96×Тайфун	33,3	25,0	30,0	25,0
НИИСХ 3×Киото	-71,4	-30,0	0,0	0,0
НИИСХ 3×Ариса	16,6	67,0	15,0	56,0
НИИСХ 3×Тайфун	83,3	0,0	34,0	14,2
НИИСХ 4×Тайфун	-60,0	42,8	0,0	52,0
НИИСХ 4×Киото	-94,2	-34,6	0,0	0,0
Тайфун×Ариса	32,0	50,0	40,0	37,0
Тайфун×Киото	10,0	4,7	17,0	45,0
Ариса×Киото	67,0	-43,0	21,0	0,0

По числу ветвей на растении в третьем поколении отмечено снижение степени трансгрессии у 45,4 % генотипов в сравнении со значениями второго года изучения гибридов. Высокий процент частоты трансгрессии присутствовал в комбинациях Приморская 96×Киото (62,0 %), НИИСХ 3×Ариса (56,0 %). Следует отметить трансгрессивную изменчивость образцов сои НИИСХ 4×Тайфун, которая из отрицательного статуса показателя изменилась на положительный, увеличив значения степени на 102,8 единицы, частоты на 52,0 единицы.

Заключение. В результате проведенных исследований, в первом поколении выявлена высокая степень гетерозиса (более 51,0 %) у 54,5 % комбинаций по числу и массе семян с растения. Отмечено фенотипическое сверхдоминирование наследования признаков у гибридов. Степень и частота трансгрессии в гибридных популяциях F_2 и F_3 сои варьировали в зависимости от комбинации и поколения.

Донорскими свойствами обладают следующие перспективные линии сои:

1) по числу семян на растении: НИИСХ 4×Тайфун;

2) по массе семян с растения: Тайфун×Ариса, НИИСХ 3×Тайфун, а также НИИСХ 3×Ариса;

3) по числу бобов на растении: Приморская 96×Киото, НИИСХ 4×Киото и Приморская 96×Тайфун;

4) по высоте растений: НИИСХ 3×Тайфун;

5) по числу ветвей на растении: Приморская 96×Киото и НИИСХ 3×Ариса.

Степень трансгрессии гибридов в большинстве случаев не связана с ее частотой, в отдельных комбинациях и признаках наблюдалось резкое снижение значений в третьем поколении по сравнению со вторым. Полученный материал будет использован в дальнейшей селекционной практике для создания сортов сои различного направления.

Список источников

1. Белявская Л. Г. Проявление трансгрессивной изменчивости в потомствах межсортовых гибридов сои // Масличные культуры. 2013. № 2 (155–156). С. 43–49.
2. Бутовец Е. С., Васина Е. А., Лукьянчук Л. М. Скрининг гермоплазмы сои в условиях Приморского края // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 8. С. 23–27.
3. Воскресенская Г. С., Шпота В. И. Трансгрессия признаков у гибридов Brassica и методика количественного учета этого явления // Доклады Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени Ленина. 1967. № 7. С. 18–20.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Книга по Требованию, 2012. 352 с.
5. Иванов Г. И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М. : Наука, 1976. 200 с.
6. Литарная М. А. Наследование хозяйственно ценных признаков у гибридов F_1 – F_3 и выделение исходного материала для целей селекции // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 135–138.
7. Малышкина Ю. С., Равков Е. В., Лукашевич М. И. Определение степени доминирования эффекта гетерозиса и трансгрессии в питомнике гибридов люпина белого в условиях северо-востока Беларуси // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1. С. 103–108.
8. Методика селекционных работ до 2010 г. по созданию высокопродуктивных, комплексно-ценных сортов зерновых, сои, многолетних трав, картофеля, овощей и плодово-ягодных культур в зоне Дальнего Востока / под ред. Р. Б. Кондратьева. Новосибирск : Сибирское отделение Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени Ленина, 1990. 208 с.
9. Шаптуренко М. Н., Хотылева Л. В. Гетерозис: современные тенденции в изучении молекулярных механизмов // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 20 (5). С. 683–694.

10. Characterization of the common genetic basis underlying seed hilum size, yield, and quality traits in soybean / Q. Zhao [et al.] // *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. P. 183.
11. Genomic resources in plant breeding for sustainable agriculture / M. Thudi [et al.] // *Journal of Plant Physiology*. 2021. Vol. 257. P. 1–67.
12. Nakamori T. Research on the deliciousness of processed soybean current state and future prospects of soybean breeding // *Japanese Society for Food Science and Technology*. 2021. Vol. 68 (5). P. 216–218.

References

1. Belyavskaya L. G. Proyavlenie transgressivnoy izmenchivosti v potomstvakh mezhsortovykh gibridov soi [Manifestation of transgressive variability in the progeny of intervarietal soybean hybrids]. *Maslichnye kul'tury. – Oilseeds*, 2013; 2 (155–156): 43–49 (in Russ.).
2. Butovets E. S., Vasina E. A., Luk'yanchuk L. M. Skringing germoplazmy soi v usloviyakh Primorskogo kraya [Screening of soybean germplasm in the Primorsky Territory]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*, 2020; 8 (34): 23–27 (in Russ.).
3. Voskresenskaya G. S., Shpota V. I. Transgressiya priznakov u gibridov Brassica i metodika kolichestvennogo ucheta etogo yavleniya [Transgression of traits in Brassica hybrids and a method for quantifying this phenomenon]. *Doklady Vsesoyuznoj akademii sel'skokozyajstvennykh nauk imeni Lenina. – Reports of the All-Union Academy of Agricultural Sciences named after Lenin*, 1967; 7: 18–20 (in Russ.).
4. Dospekhov B. A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)]*, Moskva, Kniga po Trebovaniyu, 2012, 352 p. (in Russ.).
5. Ivanov G. I. *Pochvoobrazovanie na yuge Dal'nego Vostoka [Soil formation in the south of the Far East]*, Moscow, Nauka, 1976, 200 p. (in Russ.).
6. Litarnaya M. A. Nasledovanie khozyaystvenno tsennykh priznakov u gibridov F_1 – F_3 i vydelenie iskhodnogo materiala dlya tseyey selektsii [Inheritance of economically valuable traits in F_1 – F_3 hybrids and isolation of source material for breeding purposes]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. – Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2019; 1: 135–138 (in Russ.).
7. Malyshkina Yu. S., Ravkov E. V., Lukashevich M. I. Opredelenie stepeni dominirovaniya efekta geterozisa i transgressii v pitomnike gibridov lyupina belogo v usloviyakh severo-vostoka Belarusi [Determination of the degree of dominance of the effect of heterosis and transgression in the nursery of white lupine hybrids in the north-east of Belarus]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. – Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2021; 1: 103–108 (in Russ.).
8. Kondratiev R. B. (Eds.). *Metodika selektsionnykh rabot do 2010 g. po sozdaniyu vysokoproduktivnykh, kompleksno-tsennykh sortov zernovykh, soi, mnogoletnikh trav, kartofelya, ovoshchey i plodovo-yagodnykh kul'tur v zone Dal'nego Vostoka [The method of breeding until 2010 to create highly productive, complex securities of cereals, soybeans, perennial grasses, vegetables and fruit crops in the Far East]*, Novosibirsk, Sibirskoe otdelenie Vsesoyuznoj akademii sel'skokozyajstvennykh nauk imeni Lenina, 1990, 208 p. (in Russ.).
9. Shapturenko M. N., Khotyleva L. V. Geterozis: sovremennyye tendentsii v izuchenii molekulyarnykh mekhanizmov [Heterosis: Current Trends in the Study of Molecular Mechanisms]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. – Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2016; 20 (5): 683–694 (in Russ.).
10. Zhao Q., Shi X., Yan L., Yang C., Liu C., Feng Y. [et al.]. Characterization of the common genetic basis underlying seed hilum size, yield, and quality traits in soybean. *Frontiers in Plant Science*, 2021; 12: 183.

11. Thudi M., Palakurthi R., Schnable J. C., Chitikineni A., Dreisigacker S., Mace E. [et al.]. Genomic resources in plant breeding for sustainable agriculture. *Journal of Plant Physiology*, 2021; 257: 1–67.

12. Nakamori T. Research on the deliciousness of processed soybean current state and future prospects of soybean breeding. *Japanese Society for Food Science and Technology*, 2021; 68 (5): 216–218.

© Бутовец Е. С., Васина Е. А., Кукуруза Г. О., Страшненко Т. Н., Лукьянчук Л. М., 2021
Статья поступила в редакцию 13.10.2021; одобрена после рецензирования 29.10.2021; принята к публикации 30.11.2021.

The article was submitted 13.10.2021; approved after reviewing 29.10.2021; accepted for publication 30.11.2021.

Информация об авторах

Бутовец Екатерина Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, otdelsoy@mail.ru;

Васина Евгения Александровна, младший научный сотрудник лаборатории селекции сои, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, otdelsoy@mail.ru;

Кукуруза Галина Олеговна, младший научный сотрудник лаборатории селекции сои, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, otdelsoy@mail.ru;

Страшненко Татьяна Николаевна, младший научный сотрудник лаборатории селекции сои, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, otdelsoy@mail.ru;

Лукьянчук Людмила Михайловна, младший научный сотрудник лаборатории селекции сои, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, otdelsoy@mail.ru

Information about the authors

Ekaterina S. Butovets, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, otdelsoy@mail.ru;

Evgeniya A. Vasina, Junior Researcher of the Laboratory of Soybean Breeding, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, otdel-soy@mail.ru;

Galina O. Kukuruza, Junior Researcher of the Laboratory of Soybean Breeding, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, otdel-soy@mail.ru;

Tatiana N. Strashnenko, Junior Researcher of the Laboratory of Soybean Breeding, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, otdel-soy@mail.ru;

Ludmila M. Lukyanchuk, Junior Researcher of the Laboratory of Soybean Breeding, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, otdel-soy@mail.ru

УДК 633.1:631.8:633.16

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-23-31

Сравнительные исследования влияния применения эффлюента на всхожесть ячменя

Филипп Александрович Васильев¹, Виктор Константинович Евтеев²,
Виктор Викторович Пальвинский³

^{1,2,3} Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского,
Иркутская область, пос. Молодёжный, Россия

¹ fvasiljiev@yandex.ru, ³ kvenbox@mail.ru

Аннотация. С целью определения влияния эффлюента и других удобрений на всхожесть ячменя выполнен опыт по проращиванию. В опыте были изучены и сопоставлены результаты обработки (проведение полива) семян ячменя препаратом Эпин-экстра, нативным навозом крупного рогатого скота и эффлюентом, с различной степенью разбавления водой. Опыт проводился в соответствии с требованиями государственных стандартов. В исследовании изучены восемь вариантов по три повторности: 1) замачивание семян в растворе Эпин-экстра на одни сутки; 2) замачивание семян в растворе Эпин-экстра на три часа; 3) полив водой; 4) полив нативным навозом; 5) полив чистым эффлюентом; 6) полив 75-процентным раствором эффлюента с водой; 7) полив 50-процентным раствором эффлюента с водой; 8) полив 25-процентным раствором эффлюента с водой. При этом установлены энергия прорастания, всхожесть и высота coleoptилей. Энергия прорастания в контроле составила 70,67 %, максимальное значение получено в варианте опыта с применением 75-процентного раствора эффлюента – 84,67 %, минимальное значение зафиксировано в варианте с обработкой и замачиванием в растворе Эпин-экстра (с продолжительностью замачивания в одни сутки) – 13,33 %. Всхожесть в контроле, при поливе водой составила 86 %, а максимальное значение составило 88,64 % в варианте с 25-процентным раствором эффлюента. Максимальная высота ростков наблюдалась в пятом варианте при поливе чистым эффлюентом. Она составила 97,02±4,32 мм. Для адекватной оценки влияния стимулятора роста Эпин-экстра необходимо дальнейшее изучение и проработка вопроса. В нашем исследовании влияние препарата на всхожесть – отрицательное. Влияние нативного навоза сопоставимо с действием чистого эффлюента.

Ключевые слова: эффлюент, навоз, биогаз, удобрение, всхожесть, энергия прорастания, фитогормоны

Для цитирования: Васильев Ф. А., Евтеев В. К., Пальвинский В. В. Сравнительные исследования влияния применения эффлюента на всхожесть ячменя // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 23–31. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-23-31.

Comparative studies of effluent impact on barley germination

Filipp A. Vasilev¹, Viktor K. Evteev², Viktor V. Palvinskiy³

^{1,2,3} Irkutsk State Agrarian University named after A. A. Ezhevsky, Irkutsk region,
Molodezhny, Russia

¹ fvasiljiev@yandex.ru, ³ kvenbox@mail.ru

Abstract. The germination experiments were conducted in order to determine the effect of effluent and other fertilizers on barley germination. The experiment results of treatment (watering) of barley seeds with Epin-extra, native cattle manure and effluent, with various degrees of dilution with water, were studied and compared. The experiments were conducted in accordance with the requirements of state standards. The study examined eight variants in three repetitions: 1) seed

soaking in Epin-extra solution – one day; 2) seed soaking in Epin-extra solution – three hours; 3) watering with water; 4) watering with native manure; 5) watering with pure effluent; 6) watering with 75 % effluent solution with water; 7) watering with 50 % effluent solution with water; 8) watering with 25 % effluent solution with water. The germination energy, germination rate and coleoptile height were determined. The germination energy in the control was 70,67 %, the maximum value of 84,67 % was obtained in the experiment using 75 % effluent solution, the minimum value of 13,33 % was obtained in the experiment with treatment and soaking in Epin-extra solution (the duration of soaking in one day). The germination rate in the control, when watered with water was 86 %, and the maximum value was 88.64 % in the experiment with 25% effluent solution. The maximum sprout height of $97,02 \pm 4,32$ mm was observed in the fifth variant when watering with pure effluent. For an adequate assessment of the effect of the growth stimulator Epin-extra, further study is necessary. In our experience, the effect of the drug on germination is negative. The effect of native manure is comparable to that of pure effluent.

Keywords: effluent, manure, biogas, fertilizer, germination, germination energy, phytohormones

For citation: Vasilev F. A., Evteev V. K., Palvinskiy V. V. Comparative studies of effluent impact on barley germination. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 23–31. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-23-31.

Введение. Получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур является сложной научно-практической задачей, которую не решить без применения удобрений. Одним из повсеместно доступных органических удобрений является навоз и помет сельскохозяйственных животных и птицы. Наиболее приемлемым способом утилизации данных органических отходов, с обеспечением экологической безопасности производства, является технология анаэробной переработки. В результате анаэробного сбраживания отходов получают газообразное топливо (биогаз) и высокоминерализованное органическое удобрение – эффлюент.

Изучению действия эффлюента как удобрения, а также его свойств посвящены работы [3, 8, 9, 10]. Однако, в данных исследованиях не рассматривается влияние эффлюента на посевные качества семян.

В ходе проведения лабораторных исследований на семенах пшеницы [7], ячменя [1, 2], овощного однолетнего перца [11] полученные результаты указывают на биологически активное действие эффлюента. Но при этом не проводились сравнения с нативным (свежим) навозом и другими препаратами. Поэтому, в данной работе нами представлены сравнительные исследования действия эффлюента на всхожесть ячменя.

Цель работы состоит в оценке влияния эффлюента, нативного навоза и препарата Эпин-экстра на всхожесть ячменя.

Методика исследования. Для опыта были отобраны семена ячменя сорта «Биом». Отбор семенного материала выполнен на воздушно-сортировальной установке К-273 РЕТКУС. Семена прошли трехкратную сортировку при скорости воздушного потока 11,1 м/с.

Условия по проращиванию полностью отвечали требованиям, установленным:

1) ГОСТ 12038–84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести»;

2) ГОСТ Р 52325–2005 «Семена сельскохозяйственных растений. Сортвые и посевные качества. Общие технические условия».

Проращивание семян производили при температуре 20 °С (с допустимым отклонением плюс (минус) 2 °С) в чашках Петри с ложем. Семена в количестве 50 штук равномерно распределяли на ложе, состоящем из двух слоёв фильтровальной бумаги. Ежедневно осуществлялся контроль увлажнённости ложа. При необходимости производилось смачивание (из расчёта 3 мл, дозировка осуществлялась медицинским шприцем), не допуская переувлажнения.

Таблица 1 – Схемы опыта и их характеристика

Номер варианта опыта	Характеристика варианта опыта	Характеристика применяемых дозировок препаратов и удобрений
I	предварительное замачивание: раствор препарата Эпин-экстра с экспозицией одни сутки; основной полив: вода	раствор для замачивания: 0,1 мг (четыре капли) на 100 мл воды
II	предварительное замачивание: раствор препарата Эпин-экстра с экспозицией три часа; основной полив: вода	раствор для замачивания: 0,05 мг (две капли) на 100 мл воды
III	контроль, полив водой	чистая вода
IV	полив водным раствором нативного навоза крупного рогатого скота	водный раствор свежего нативного навоза крупного рогатого скота влажностью 99 %
V	полив эффлюентом	эффлюент, полученный при мезофильном режиме сбраживания при влажности 99 %
VI	полив 75-процентным водным раствором эффлюента	водный раствор эффлюента
VII	полив 50-процентным водным раствором эффлюента	водный раствор эффлюента
VIII	полив 25-процентным водным раствором эффлюента	водный раствор эффлюента

Подсчет проросших семян при определении энергии прорастания производили на третьи сутки, а всхожесть – на седьмые сутки. При этом день закладки семян на проращивание и день подсчета считали за одни сутки. К всхожим семенам относили нормально проросшие семена.

Для определения длины ростков использовали линейку с ценой деления в полмиллиметра, при этом колеоптиль отрывали от семени и производили замер длины.

Для достижения цели исследования было выбрано восемь вариантов опыта (табл. 1). Каждый вариант выполнялся с трёхкратной повторностью.

Для реализации I и II варианта опыта заблаговременно до закладки на проращивание, в соответствии с вариантом, выполнялось замачивание семян в растворе препарата Эпин-экстра.

Результаты исследования и их анализ.

Опыты по непосредственному проращиванию начались 12 октября 2020 г. в 15 часов. Первые проростки появились в I варианте через сутки после начала ос-

новного опыта, что объясняется большим временем нахождения семян в контакте с водой за счет предварительного замачивания.

Но при подсчете проростков на третьи сутки ситуация изменилась (табл. 2). В первых двух вариантах опыта семена проросли несколько раньше, но в дальнейшем их рост и развитие замедлились. Так, на четвертые и пятые сутки полив в I и II вариантах не производился, в связи с высокой увлажнённостью фильтровальной бумаги. Возможно, требовалось продолжить применение препарата, но по условию вариантов опытов этого не предусматривалось.

Анализ выявил, что действие нативного навоза крупного рогатого скота (среднее значение энергии прорастания – 43,3 %) и эффлюента (50,67 %) не имеют существенного различия. Возможно, это связано с тем, что нативный навоз и эффлюент схожи по своим основным агрономическим свойствам, в соответствии с публикацией [9].

В контроле (полив водой) получены более высокие показатели по энергии про-

Таблица 2 – Количество проростков и энергия прорастания по вариантам опыта

№	Вариант опыта															
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
N, шт.	Э прор., %	N, шт.	Э прор., %	N, шт.	Э прор., %	N, шт.	Э прор., %	N, шт.	Э прор., %	N, шт.	Э прор., %	N, шт.	Э прор., %	N, шт.	Э прор., %	
1	12	24	20	40	36	72	23	46	20	40	46	92	43	86	38	76
2	4	8	8	16	34	68	16	32	29	58	37	74	42	84	43	86
3	4	8	11	22	36	72	26	52	27	54	44	88	37	74	44	88
Примечания – 1 Содержание вариантов опыта (с I по VIII) определяется по данным таблицы 1. 2 В таблице обозначены: № – номер повторности (чалки); N – количество проростков (штук); E прор. – энергия прорастания (процентом). 3 Полуужирным начертанием шрифта выделены средние значения в варианте опыта																

Таблица 3 – Количество проросших семян и определение всхожести по вариантам опыта

№	Вариант опыта															
	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
N, шт.	Всхож., %	N, шт.	Всхож., %	N, шт.	Всхож., %	N, шт.	Всхож., %	N, шт.	Всхож., %	N, шт.	Всхож., %	N, шт.	Всхож., %	N, шт.	Всхож., %	
1	13	26	22	44	46	92	40	80	36	72	46	92	44	88	45	90
2	5	10	11	22	41	82	29	58	41	82	40	80	42	84	44	88
3	4	8	16	32	42	84	29	58	36	72	45	90	42	84	44	88
Примечания – 1 Содержание вариантов опыта (с I по VIII) определяется по данным таблицы 1. 2 В таблице обозначены: № – номер повторности (чалки); N – количество проростков (штук); E прор. – всхожесть (процентом). 3 Полуужирным начертанием шрифта выделены средние значения в варианте опыта																

растания – 70,67 %. Это связано с тем, что в эффлюенте и растворе нативного навоза вода находится в связанном состоянии. Поэтому процессы массопередачи (диффузии) влаги внутрь семян замедлены. Так, в VI–VIII вариантах опыта, при разбавлении водой эффлюента, наблюдаем повышение энергии прорастания. Необходимо отметить, что подобные результаты получены в ранее проведенных исследованиях [1, 2].

В таблице 3 представлены результаты опыта по проращиванию на седьмые сутки с расчетом всхожести.

Всхожесть семян в контроле составила 86 %, что свидетельствует о низком качестве посевного материала. Но именно такой материал и нуждается в предпосевной обработке и повышении его качества. Авторы работы [4] сообщают, что приме-

нение различных стимуляций необходимо именно для семян низкого и среднего качества. Кондиционные семена несущественно отзывчивы к предпосевной обработке.

Одним из критериев элементарной проверки ошибочности опыта является сравнение значения всхожести и энергии прорастания. В представленных вариантах всхожесть выше, чем энергия прорастания (рис. 1). Всхожесть при внесении нативного навоза составила 65,33 %, а при варианте с поливом эффлюентом наблюдается её повышение на 10 % (для сравнения – разница в энергии прорастания составляла 7,34 %). Это указывает на более интенсивное действие эффлюента во времени.

Максимальное значение всхожести (88,67 %) получено при поливе 25 % раствором эффлюента. Повышение всхоже-

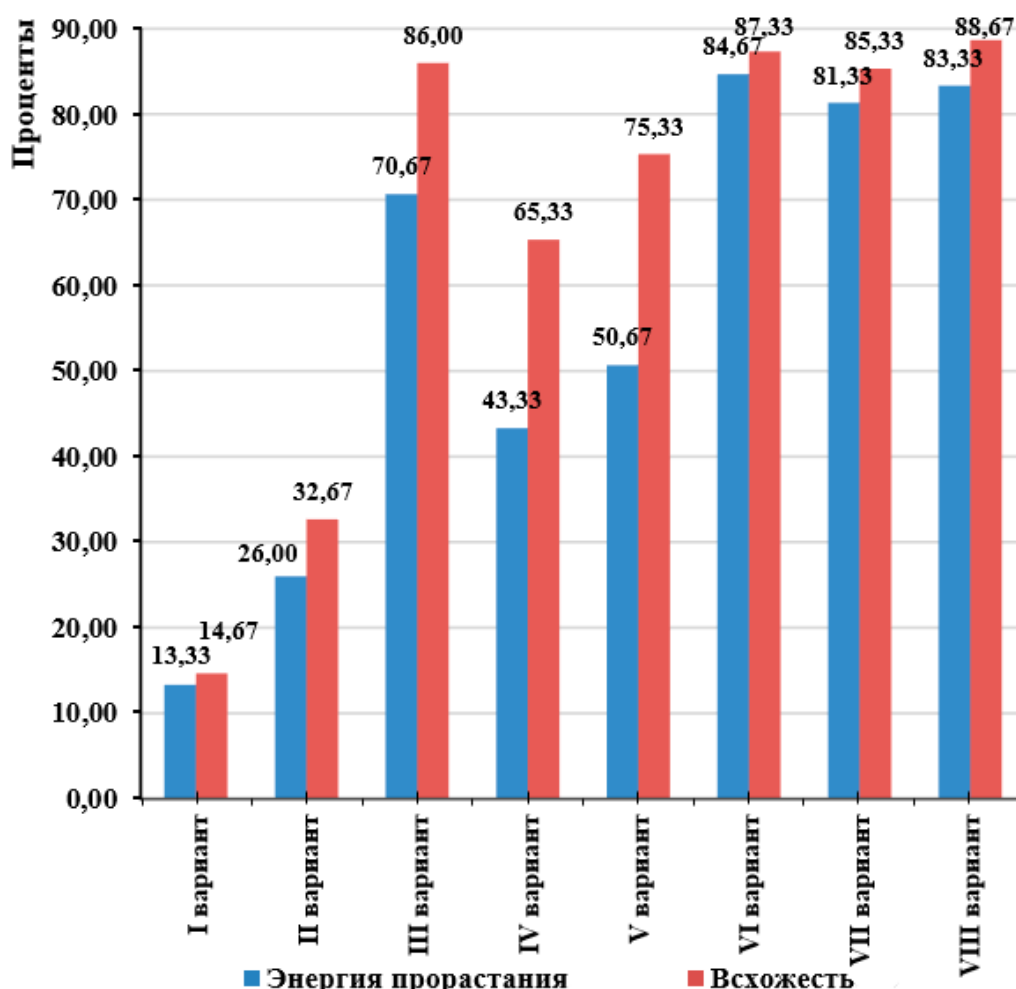


Рисунок 1 – Энергия прорастания и всхожесть по вариантам опыта

сти в вариантах с раствором эффлоента (VI–VIII варианты), в сравнении с применением неразбавленного эффлоента (V вариант) указывает на наличие биологически активных веществ в эффлоенте, которые проявляются при использовании минимальных доз.

Результаты по замеру высоты ростков и их статистическая обработка представлены в таблице 4.

Средняя высота ростков по вариантам опыта с принятым интервалом доверительной вероятности на уровне 95 % представлены на рисунке 2.

Во всех вариантах средняя высота ростков варьирует в пределах 80–100 мм. Наибольшую среднюю высоту ростков удалось получить в V варианте (при поливе эффлоентом). Это достигается, на наш взгляд, за счет большей концентрации питательных веществ.

Построение распределений (в данной статье не приведено) выявило, что данный показатель имеет асимметричный характер. При этом наиболее равномерная высота всходов наблюдается в вариантах V–VIII с применением эффлоента. При этом высота ростков в основном варьирует в пределах 90–110 мм.

Таблица 4 – Результаты замера высоты ростков и их статистическая обработка

Вариант опыта	Кол-во ростков, шт.	Средняя высота ростков, мм	При доверительном интервале $\pm 95\%$	Медиана	Дисперсия	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка
I	22	80,95	$\pm 14,57$	88,5	1 079,4	32,85	7,00
II	49	91,65	$\pm 7,58$	97,0	696,1	26,38	3,77
III	129	86,12	$\pm 3,93$	90,0	509,4	22,57	1,99
IV	98	93,20	$\pm 4,52$	96,0	508,3	22,55	2,28
V	113	97,02	$\pm 4,32$	99,0	538,6	23,21	2,18
VI	131	92,45	$\pm 4,42$	96,0	654,4	25,58	2,24
VII	128	94,88	$\pm 4,09$	101,0	547,9	23,41	2,07
VIII	133	91,83	$\pm 4,39$	96,0	652,8	25,55	2,20

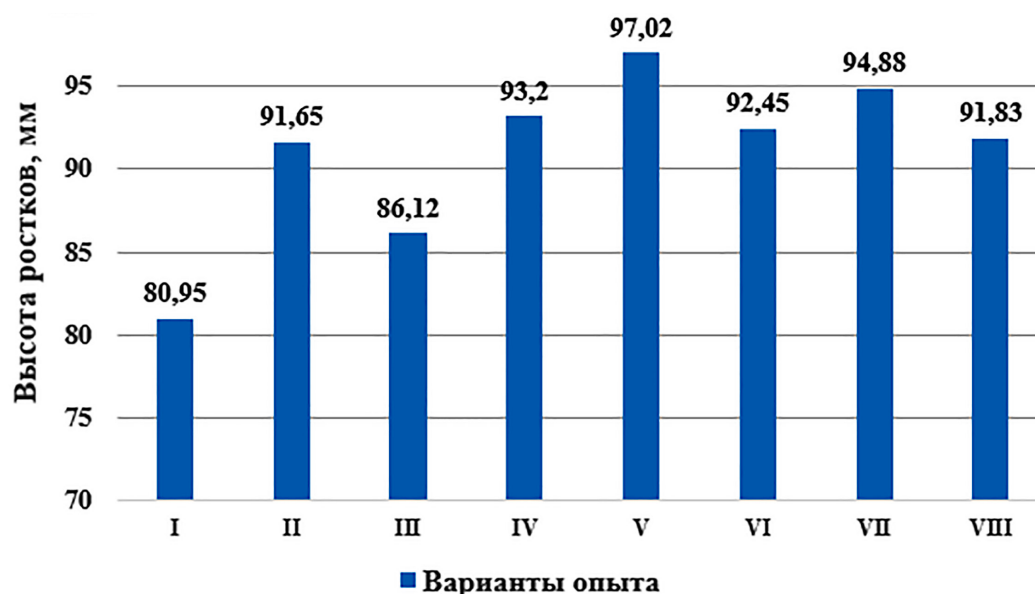


Рисунок 2 – Средняя высота ростков в опыте по вариантам

Выводы и обсуждение. Результаты опытов выявили, что выбранные семена ячменя являются некондиционными. Применение только некоторых доз и видов удобрений позволяет повысить энергию прорастания и всхожесть относительно контроля. Известно, что некоторые виды почвенных и ризосферных бактерий могут продуцировать вещества фитогормональной природы [5]. Предполагается наличие данных веществ в эффлюенте [8]. При этом С. И. Тарасовым [9, 10] установлено, что в эффлюентах на основе навоза крупного рогатого скота, свиного навоза или помета существенно увеличивается содержание аминокислот (в среднем на 12–35 %), что также повышает стимулирующие функции прорастания семян [4].

Повышение всхожести при использовании пониженных доз применения эффлюента указывает на наличие в них биологически активных веществ. Именно

наличие данных веществ проявляется при понижении концентраций [4, 5]. Остается нерешенным вопрос детектирования и конкретного определения фитогормонов в эффлюенте, их составе и концентрации, что достаточно затруднительно и трудоёмко [6].

Таким образом, возможно рекомендовать следующую последовательность обработки семян. Первичная обработка (до трёх суток) пониженными концентрациями эффлюента (25–33 %). Затем полив неразбавленным эффлюентом. В результате получим активацию за счет биологически активного вещества и оптимизируем питание проростков для лучшего роста и развития растений.

Необходимо проведение экспериментальных исследований для уточнения действия стимулятора Эпин-экстра. В данном опыте его действие на прорастание отрицательное.

Список источников

1. Антипин А. И., Бердников А. С., Васильев Ф. А. Влияние анаэробно-сброженных удобрений на энергию прорастания пленчатых семян // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона: сб. науч. тр. Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет. 2019. С. 19–20.
2. Васильев Ф. А., Евтеев В. К., Бояркин Е. В. Влияние эффлюента на посевные качества ячменя // Актуальные вопросы аграрной науки. 2020. № 37. С. 5–13.
3. Васильев Ф. А., Евтеев В. К., Житов В. В. Агрономическая эффективность анаэробно-сброженных органических удобрений // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 49. С. 92–99.
4. К вопросу о стимуляции прорастания семян с неглубоким покоем / Г. Н. Федотов [и др.] // Лесной вестник. 2016. № 1. С. 147–157.
5. Кудоярова Г. Р., Курдиш И. К., Мелентьев А. И. Образование фитогормонов почвенными и ризосферными бактериями как фактор стимуляции роста растений // Известия Уфимского научного центра РАН. 2011. № 3–4. С. 5–15.
6. Методы определения фитогормонов: твердофазный иммуноферментный анализ абсцизовой кислоты, ауксинов и цитокининов / сост. Р. А. Борзенкова. Екатеринбург : Уральский государственный университет, 2006. 43 с.
7. Мирзаев Б. М., Бозарова М. Б., Васильев Ф. А. Влияние эффлюента на посевные качества семян пшеницы // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона: сб. науч. тр. Молодежный : Иркутский государственный аграрный университет, 2020. С. 90–92.
8. Найман С. М., Тунакова Ю. А. Возможность применения биогазовых технологий для переработки органических отходов в Татарстане. Производство биогаза и энергии // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 19. С. 227–234.
9. Тарасов С. И. Метангенерация бесподстилочного навоза, помета. Эффлюент: свойства, эффективность применения // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2018. № 4 (32). С. 139–149.

10. Тарасов С. И., Ковалев Д. А., Караева Ю. В. Применение эффлюента биогазовой установки в качестве удобрения для органического земледелия // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3 (43). С. 91–97.

11. Фальчевская Ю. А., Бояркин Е. В., Евтеев В. К. Влияние эффлюента на посевные качества овощных культур // Актуальные вопросы аграрной науки. 2019. № 31. С. 31–38.

References

1. Antipin A. I., Berdnikov A. S., Vasilev F. A. Vliyaniye anaerobno-sbrozhennykh udobreniy na energiyu prorastaniya plenchatykh semyan [Influence of anaerobic-fermented fertilizers on the energy of seed germination]. Proceeding from *Znachenie nauchnykh studencheskikh kruzhkov v innovatsionnom razvitii agropromyshlennogo kompleksa regiona – The importance of scientific student circles in the innovative development of the agro-industrial complex of the region.* (PP. 19–20), Irkutsk, Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2019 (in Russ.).

2. Vasilev F. A., Evteev V. K., Boyarkin Ye. V. Vliyaniye efflyuyenta na posevnyye kachestva yachmenya [Influence of effluent on sowing qualities of barley]. *Aktual'nyye voprosy agrarnoy nauki. – Current issues of agricultural science*, 2020; 37: 5–13 (in Russ.).

3. Vasilev F. A., Evteev V. K., Zhitov V. V. Agronomicheskaya effektivnost' anaerobno sbrozhennykh organicheskikh udobrenij [Agronomic efficiency of anaerobically fermented organic fertilizers]. *Vestnik Irkutskoj gosudarstvennoj sel'skogozyajstvennoj akademii. – Bulletin of the Irkutsk State Agricultural Academy*, 2012; 49: 92–99 (in Russ.).

4. Fedotov G. N., Fedotova M. F., Shalayev V. S., Batyrev Yu. P. K voprosu o stimulyatsii prorastaniya semyan s neglubokim pokoyem [On the question of stimulation of seed germination with shallow dormancy]. *Lesnoy vestnik. – Forrest Bulletin*, 2016; 1: 147–157 (in Russ.).

5. Kudoyarova G. R., Kurdish I. K., Melent'yev A. I. Obrazovaniye fitogormonov pochvennymi i rizosfernymi bakteriyami kak faktor stimulyatsii rosta rasteniy [Formation of phytohormones by soil and rhizosphere bacteria as a factor of plant growth stimulation]. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra Rossijskoj akademii nauk. – Proceedings of the Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2011; 3–4: 5–15 (in Russ.).

6. *Metody opredeleniya fitogormonov: tverdofaznyy immunofermentnyy analiz abstsizovoy kisloty, auksinov i tsitokininov [Methods for determining phytohormones: enzyme-linked immunosorbent assay of abscisic acid, auxins and cytokinins]*, Ekaterinburg, Ural'skij gosudarstvennyj universitet, 2006, 43 p. (in Russ.).

7. Mirzayev B. M., Bozarova M. B., Vasilev F. A. Vliyaniye efflyuyenta na posevnyye kachestva semyan pshenitsy [Effect of effluent on the sowing quality of wheat seeds], Proceeding from *Znachenie nauchnykh studencheskikh kruzhkov v innovatsionnom razvitii agropromyshlennogo kompleksa regiona – The importance of scientific student circles in the innovative development of the agro-industrial complex of the region.* (PP. 90–92), Molodezhnyy, Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020 (in Russ.).

8. Nayman S. M., Tunakova Yu. A. Vozmozhnost' primeneniya biogazovykh tekhnologiy dlya pererabotki organicheskikh otkhodov v Tatarstane. Proizvodstvo biogaza i energii [Possibility of using biogas technologies for processing organic waste in Tatarstan. Biogas and energy production]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – Bulletin of Kazan Technological University*, 2013; 19: 227–234 (in Russ.).

9. Tarasov S. I. Metangeneratsiya bespodstilochnogo navoza, pometa. Efflyuyent: svoystva, effektivnost' primeneniya [Methangeneration of litterless manure, poultry litter. Effluent: properties, application efficiency]. *Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizacii zhivotnovodstva. – Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Animal Husbandry Mechanization*, 2018; 4 (32): 139–149 (in Russ.).

10. Tarasov S. I., Kovalev D. A., Karayeva Yu. V. Primneneniye efflyuyenta biogazovoy ustanovki v kachestve udobreniya dlya organicheskogo zemledeliya [Application of biogas plant effluent as fertilizer for organic farming]. *Vestnik Ulyanovskoj gosudarstvennoj sel'skogozyajstvennoj akademii. – Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2018; 3 (43): 91–97 (in Russ.).

11. Fal'chevskaya Yu. A., Boyarkin Ye. V., Evteev V. K. Vliyaniye efflyuyenta na posevnyye kachestva ovoshchnykh kul'tur [Influence of the effluent on the sowing qualities of vegetable crops]. *Aktual'nyye voprosy agrarnoy nauki. – Current issues of agricultural science*, 2019; 31: 31–38 (in Russ.).

© Васильев Ф. А., Евтеев В. К., Пальвинский В. В., 2021

Статья поступила в редакцию 21.09.2021; одобрена после рецензирования 05.10.2021; принята к публикации 11.11.2021.

The article was submitted 21.09.2021; approved after reviewing 05.10.2021; accepted for publication 11.11.2021.

Информация об авторах

Васильев Филипп Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технического обеспечения агропромышленного комплекса, Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежовского, fvasiljiev@yandex.ru;

Евтеев Виктор Константинович, кандидат технических наук, доцент, профессор-консультант кафедры технического обеспечения агропромышленного комплекса, Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежовского;

Пальвинский Виктор Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения агропромышленного комплекса, Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежовского, kvenbox@mail.ru

Information about authors

Filipp A. Vasilev, Cand. Techn. Sci., Associate professor of the department of technical support of the agro-industrial complex, Irkutsk State Agricultural University named after A. A. Ezhevsky, fvasiljiev@yandex.ru;

Victor K. Evteev, Cand. Techn. Sci., Professor-consultant of the department of technical support of the agro-industrial complex, Irkutsk State Agricultural University named after A. A. Ezhevsky;

Victor V. Palvinskiy, Cand. Techn. Sci., Associate professor of the department of technical support of the agro-industrial complex; Irkutsk State Agricultural University named after A. A. Ezhevsky, kvenbox@mail.ru

УДК 635.655:632.4(571.63)

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-32-39

Фитосанитарное обследование сои в Приморском крае

Татьяна Алексеевна Выборова¹, Светлана Владимировна Безмутко²

^{1, 2} Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия

^{1, 2} dalniizr@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты фитосанитарного мониторинга производственных посевов сои в условиях Приморского края. Показаны данные о распространённости и степени развития основных грибных болезней в четырёх агроклиматических зонах края: степной, лесостепной, северной и южной таёжных, за три года маршрутных обследований (2019–2021 гг.) на площади 81 761,9 га. Учёты болезней проводили в фазы полных всходов, начала цветения, налива семян на различных вегетативных органах растений и корнях сои. Во всех зонах были зарегистрированы корневые гнили сложной этиологии. Их развитие ежегодно носило эпифитотийный характер и в среднем по годам достигало 20,3–36,3 %. Из поражённых корней были выделены различные виды патогенных грибов. Установлено преобладание грибов рода *Fusarium spp.*, частота встречаемости которых на корнях сои в среднем по краю составляла 9,4–10 %. Трёхлетние обследования показали, что во всех зонах повсеместно доминировал септориоз. Его распространённость в среднем достигала 97,4 %, при интенсивности развития 29,2 %. Также ежегодно на посевах сои отмечались пероноспороз и церкоспороз. Степень проявления этих патогенов носила интенсивный характер. Уровень развития пероноспороза и церкоспороза в среднем составил 27 и 32 % соответственно. В отдельные годы исследований в виде единичных пятен встречался аскохитоз и пурпурный церкоспороз. Проанализировано 266 партий семян сои, предоставленных контрольно-семенными лабораториями районов Приморского края. Проведённая фитопатологическая экспертиза выявила значительную инфицированность такими патогенами как фузариоз и бактериоз. Общая заражённость семян за три года исследований варьировала от 10,9 до 39,7 %.

Ключевые слова: соя, мониторинг, грибные болезни, развитие и распространение, патоген, вредоносность, Приморский край

Для цитирования: Выборова Т. А., Безмутко С. В. Фитосанитарное обследование сои в Приморском крае // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 32–39. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-32-39.

Phytosanitary survey of soybean in Primorsky Krai

Tatiana A. Vyborova¹, Svetlana V. Bezmutko²

^{1, 2} Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch of Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, Primorsky Krai, Kamen'-Rybolov, Russia

^{1, 2} dalniizr@mail.ru

Abstract. The article presents the results of phytosanitary monitoring of soybean production crops in the conditions of Primorsky Krai. Data on the prevalence and degree of development of the main fungal diseases in four agro-climatic zones of the region are shown: steppe, forest-steppe, northern and southern taiga, for three years of route inspections (2019–2021) on an area of 81 761.9 hectares. Disease records were carried out in the phases of full germination, the beginning of flowering, filling of seeds on various vegetative organs of plants and soybean roots. Root rot of complex etiology was registered in all zones. Their development was of epiphytotic nature annually and reached an average of 20.3–36.3 % over the years. Various types of pathogenic fungi

were isolated from the affected roots. The predominance of fungi of the genus *Fusarium spp.* was established, the frequency of occurrence of which on soybean roots averaged 9.4–10 % along the edge. Three-year surveys showed that septoria prevailed everywhere in all zones. Its prevalence on average reached 97.4 %, with an intensity of development of 29.2 %. Also, peronosporosis and cercosporosis were noted annually on soybean crops. The degree of manifestation of these pathogens was intense. The level of development of peronosporosis and cercosporosis averaged 27 and 32 %, respectively. In some years of research, ascochitosis and purple cercosporosis were found in the form of single spots. 226 batches of soybean seeds provided by seed control laboratories of Primorsky Krai districts were analyzed. The conducted phytopathological examination revealed significant infection with pathogens such as fusarium and bacteriosis.

Keywords: soybean, monitoring, fungal diseases, development and mongering, pathogen, harmfulness, Primorsky Krai

For citation: Vyborova T. A., Bezmutko S. V. Phytosanitary survey of soybean in Primorsky Krai. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 32–39. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-32-39.

Введение. Соя является одной из наиболее перспективных сельскохозяйственных культур. В современном мире эта культура зарекомендовала себя с лучшей стороны. Это обусловлено большим количеством растительного белка и питательных веществ в её составе. Из соевых бобов производят масло, альтернативное растительное молоко, заменители мясных продуктов, муку. Также их используют в качестве корма скоту.

Сою выращивают более 94 стран мира. Согласно сведениям Департамента сельского хозяйства США, посевные площади сои в мире в 2019 г. составили 122,7 млн. га, увеличившись за последние десять лет на 18 % [12]. В России основными регионами, занимающимися возделыванием сои, считаются Белгородская и Амурская области, Еврейская автономная область, Приморский и Краснодарский края [5, 6]. Благодаря климату значительная доля посевов сои базируется именно в Дальневосточном регионе. Однако, доля Центрально-Чернозёмного района ежегодно увеличивается (с 30 % в 2019 г. до 35 % в 2020 г.), а доля Дальнего Востока сокращается (с 44 % в 2019 г. до 40 % в 2020 г.), в основном за счёт Амурской области [11]. Согласно данным единой межведомственной информационно-статистической системы в 2021 г. в Приморском крае площадь возделывания сои составила 276,99 тыс. га [3].

Неоправданно интенсивная химизация и несоблюдение агрономических мер приводят к большому количеству экологических и фитосанитарных проблем. Обеднение природных биоценозов вследствие уменьшения численности полезных видов в значительной степени снижает уровень

саморегуляции агроэкосистем, что неизбежно приводит к фитосанитарной дестабилизации и повышению вредоносности популяций фитопатогенов [8].

Все болезни, вызываемые патогенной микрофлорой, в разной степени отрицательно влияют на состояние посевов сои: вызывают изреженность посевов, снижают продуктивность растений, а также ухудшают качество семенного материала [7, 15]. Увеличение плотности посевных площадей культуры в большинстве регионов России и изменение климатических факторов приводит к увеличению распространённости болезней, вследствие чего снижается урожайность и качество продукции [2, 11].

Система борьбы с заболеваниями сои строится в каждом конкретном случае на основе сведений об уровне развития и распространённости той или иной инфекции и включает в себя общехозяйственные, агротехнические и химические мероприятия по подавлению патогенов, несущих вред культуре. Схема защиты соевых посевов должна базироваться на постоянном фитосанитарном мониторинге болезней и строиться на регулярном контроле вредных объектов. Она является составной частью технологии возделывания культуры. Назначение фитосанитарного мониторинга состоит в том, чтобы с достаточной полнотой собрать информацию о болезнях и предложить наиболее рациональные подходы к профилактическим и защитным мероприятиям [9, 10].

Целью представленной работы является разработка новых данных, составляющих базу данных, о развитии и распространённости основных грибных

заболеваний сои юга Дальнего Востока.

Материалы и методика исследований. Фитосанитарный мониторинг осуществляли на базе Дальневосточного научно-исследовательского института защиты растений с 2019 по 2021 гг. с использованием метода маршрутных обследований соевых посевов в десяти административных районах края – Ханкайском, Хорольском, Уссурийском, Михайловском, Пограничном, Анучинском, Яковлевском, Кировском, Дальнереченском и Черниговском, которые входят в четыре агроклиматические зоны: степная, лесостепная, южная таёжная и северная таёжная.

За период работы собраны и проанализированы новые данные о развитии и распространённости грибных инфекций сои. Определён видовой состав основных грибных заболеваний культуры на юге Дальнего Востока. Во время учётов наблюдали за развитием болезней на корнях и листовой части растений. Обследования осуществили трижды за период вегетации сои: в фазы полных всходов, начала цветения и налива бобов.

Степень развития заболеваний оценивали визуально согласно общепринятым методикам. Корневые гнили учитывали один раз в фазу полных всходов, листовые пятнистости – во все сроки проведения обследований [4]. Использовались данные ГОСТ 12044–93 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения заражённости болезнями». В условиях лаборатории методами влажных камер изучали патогенные свойства возбудителей заболеваний. Также, согласно утверждённому методическому руко-

водству, проводили фитопатологическую экспертизу семенного материала [12, 13].

Результаты и обсуждение. За период исследований посевов сои Приморского края были обнаружены заболевания корневой системы, опасные для культуры. Корневые гнили провоцируют гибель до 40 % всходов и взрослых растений. Благоприятной фазой для поражения сои является фаза всходов, особенно при условии влажной и тёплой погоды. В Приморском крае заболевание наблюдается повсеместно. Развитие заболевания, в среднем по годам, составляло 20,3–36,3 %, что в 4,1–7,3 раза превышает порог вредоносности (табл. 1).

Наиболее интенсивно корневые гнили проявились в 2020 г. В среднем по краю, степень их развития составила 36,3 %, при распространённости 94,2 %. В среднем за период исследований, наибольшее развитие заболевания наблюдалось в степной агроклиматической зоне (34,3 %). Интенсивное нарастание инфекции здесь можно объяснить неполноценным проведением предпосевной защиты, нарушением севооборотов и высевом сорта массовой репродукции. Низкие температуры и высокая влажность почвы в период всходов также способствовали быстрому развитию и распространению заболевания.

В лабораторных условиях из поражённых корней были выделены различные виды патогенных грибов:

- 1) *Fusarium spp.*;
- 2) *Corynespora cassicola* (Berk. Et Curt.) Wei.;
- 3) *Cylindrocarpon destructans* (Zins.) Scholten;

Таблица 1 – Степень развития (*r*) и распространённость (*P*) корневых гнилей сои в агроклиматических зонах Приморского края

В процентах

Год обследования									
2019		2020				2021			
<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>
81,4	20,3	94,2	36,3	76,7	24,1				
Зоны обследования (среднее за период 2019–2021 гг.)									
степная		лесостепная		южная таёжная		северная таёжная		среднее по краю	
<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>
97,0	34,3	81,0	25,3	78,0	21,0	81,0	27,1	84,0	26,9

4) *Thielaviopsis basicola* (Berk. et Br.) Ferr.

Ежегодно преобладали грибы рода *Fusarium spp.* Наибольший процент встречаемости конидий данного патогена зафиксирован в 2020 г. в Черниговском и Кировском районах. Вероятнее всего, это связано с возделыванием восприимчивых сортов сои. В 2021 г. частота встречаемости патогена в среднем по краю составила 10 % (табл. 2).

Патогенный гриб вида *Corynespora cassicola* был зафиксирован в период с 2019 по 2020 гг. Максимальная встречаемость отмечена в 2020 г. (1,2 %) в Кировском районе. Гриб *Cylindrocarpon destructans* проявился во всех районах исследования в 2019 г. и лишь в двух (Черниговский и Анучинский) в 2020 г., но его встречаемость была очень низкой (не более 0,1 %). *Thielaviopsis basicola* был единично зарегистрирован почти во всех районах с встречаемостью 0,1 %.

В течение трёх лет обследования условия для развития листостебельных пятнистостей были благоприятны. В хозяйствах Приморского края был выявлен комплекс заболеваний, таких как септориоз (*Septoria glycines* Hemmi.), церкоспороз (*Cercospora sojae* Nara.), пероноспороз (*Peronospora manshurica* (Naum.) Syd.) и аскохитоз (*Ascochyta sojaecola* Abramov). В виде единичных пятен встречался пурпурный церкоспороз (*Cercospora kikuchii*).

Среди вышеперечисленной группы

патогенов в Приморье одним из самых вредоносных является септориоз. Поражённые растения преждевременно сбрасывают листья и усыхают, что, в свою очередь, нарушает протекание физиологических процессов. Септориоз повсеместно встречается во всех районах края, с распространённостью, достигающей ста процентов.

Из таблицы 3 видно, что наиболее высокий уровень развития септориоза отмечается в лесостепной агроклиматической зоне (31,5 %). В среднем по краю, за три года исследований интенсивность его развития превысила порог вредоносности на 4,2 %, при распространённости 97,3 %.

Также ежегодно на культуре отмечались церкоспороз, пероноспороз и аскохитоз. Степень развития этих заболеваний за период обследований была ниже порога вредоносности. В 2020 г. на листьях среднего и верхнего ярусов растений сои в лесостепной агроклиматической зоне единично был идентифицирован пурпурный церкоспороз. Возможно, инфекция распространилась с семенным материалом или с помощью конидий, разносимых ветром и каплями воды.

Источниками и передатчиками грибных инфекций может служить семенной материал, органические остатки растений, а также почва. С семенами передаётся до 60 % болезней растений [1]. Исходя из данных фитопатологического анализа наблюдалась значительная заражённость

Таблица 2 – Частота встречаемости патогенных грибов рода *Fusarium spp.* на корнях сои в районах Приморского края

Район	Год обследования		
	2019	2020	2021
Уссурийский	10,2	0,9	10,2
Ханкайский	24,2	4,4	7,8
Хорольский	14,2	6,4	8,4
Пограничный	6,7	0,7	9,2
Кировский	11,9	25,4	14,2
Черниговский	4,3	38,8	14,3
Михайловский	9,3	11,5	12,6
Анучинский	7,1	7,9	11,9
Яковлевский	1,2	1,1	4,2
Дальнереченский	4,4	0,9	7,2
Среднее по краю	9,4	9,8	10,0

Таблица 3 – Распространённость (*P*) и степень развития (*r*) болезней сои в Приморском крае

В процентах

Заболевание		Агроклиматическая зона (среднее за 2019–2021 гг.)					Год обследования		
		степная	лесостепная	южная таёжная	северная таёжная	среднее по краю	2019	2020	2021
Пероноспороз	<i>P</i>	43,0	34,0	14,0	18,0	27,0	61,8	17,1	2,4
	<i>r</i>	5,2	6,2	2,0	6,1	4,9	12,0	2,2	0,4
Септориоз	<i>P</i>	99,0	90,0	100,0	100,0	97,3	100,0	95,1	96,8
	<i>r</i>	26,8	31,5	29,0	29,3	29,2	29,3	26,6	31,5
Церкоспороз	<i>P</i>	34,0	29,0	18,0	48,0	32,0	42,5	19,2	34,9
	<i>r</i>	4,9	5,4	2,0	5,7	4,5	7,0	2,5	4,1
Аскохитоз	<i>P</i>	0,0	2,0	0,7	5,7	2,1	1,8	2,5	2,4
	<i>r</i>	0,0	0,2	0,3	0,6	0,3	0,2	0,3	0,3
Пурпурный церкоспороз	<i>P</i>	0,0	1,4	0,0	0,0	0,4	0,0	1,1	0,0
	<i>r</i>	0,0	0,5	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0

Таблица 4 – Результаты фитопатологической экспертизы семян сои Приморского края

В процентах

Год проведения фитопатологической экспертизы	Заражённость семян					
	общая	в том числе				
		фузариоз			бактериоз	
		корень	семядоли	не проросшие	проросшие	не проросшие
2019	39,7	16,9	15,8	5,0	0,0	2,0
2020	10,9	3,1	4,1	1,5	0,1	2,2
2021	14,1	6,9	3,2	0,7	1,7	1,4

семян сои патогенными инфекциями, такими как фузариоз и бактериоз.

Контрольно-семенными лабораториями предоставлено 266 партий семян сои для анализа на заражённость патогенами. Результаты экспертизы показали, что общая заражённость семян за анализируемый период исследований варьировала от 10,9 до 39,7 %. Семена урожая 2018 г. (фитоэкспертиза 2019 г.) были наиболее интенсивно заражены фузариозом. Уровень поражения корня и семядолей в 3,4 и 3,2 раза превышал порог вредоносности (табл. 4).

Выводы. Таким образом, исходя из полученных данных о развитии и распространённости основных грибных заболеваний сои в условиях региона, установлена

стабильно неблагоприятная фитосанитарная ситуация. В этой связи для снижения потерь и увеличения урожайности культуры необходимо применение защитных мероприятий в посевах сои: превентивное использование препаратов, направленное на предупреждение сильного развития листостебельных болезней. Важно применять системные комбинированные препараты при проведении фоллиарной и предпосевной обработок.

Профилактической мерой может служить соблюдение севооборота, посев семян высших репродукций, а также районированных сортов, относительно устойчивых к спектру болезней Приморского края.

Список источников

1. Безмутко С. В., Кожевникова И. А., Черепанова Т. А. Анализ распространённости и развития основных грибных болезней сои в Приморском крае // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 4 (52). С. 9–15.
2. Герасимова Л. Соя в растущем тренде // Защита растений. 2019. № 12. С. 289.
3. ЕМИСС: Единая межведомственная информационно-статистическая система : сайт. URL: <https://www.fedstat.ru> (дата обращения: 12.10.2021).
4. Корсаков Н. И., Овчинникова А. Н., Мизева В. И. Изучение устойчивости сои к грибным болезням. Л. : Всероссийский институт растениеводства имени Н. И. Вавилова, 1979. 46 с.
5. Кривошлыков К. М., Рощина Е. Ю., Козлова С. А. Анализ состояния и развития производства сои в мире и в России // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур имени В. С. Пустовойта. 2016. № 3 (167). С. 64–69.
6. Кучкоров А. М., Авлашев А. К., Имонов Ч. М. Результаты изучения болезней сои в условиях Узбекистана // Universum: химия и биология. 2020. №10 (76). URL: <https://7universum.com/ru/natyr/archive/item/10738> (дата обращения 03.10.2021).
7. Мониторинг видового состава болезней сои в различных зонах соеосеяния / В. И. Заостровных, А. А. Кадунов, Л. К. Дубовицкая, О. А. Рязанова // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 4 (48). С. 51–67.
8. Новикова И. И. Полифункциональные биопрепараты для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем в биологическом земледелии // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 2 (99). С. 183–194.
9. Саенко Г. М. Фитосанитарный мониторинг основных болезней сои в Краснодарском крае // Масличные культуры. 2019. № 3 (179). С. 106–113.
10. Саенко Г. М., Бушнева Н. А. Совместимость фунгицидных протравителей сои с инокулянтами // Масличные культуры. 2018. № 3 (175). С. 124–127.
11. Саенко Г. М., Мустафина М. А. Фитосанитарное обследование сои в Центральном Черноземье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2021. №2 (62). С. 175–185.
12. Синеговский М. О., Кузьмин А. А. Состояние, перспективы и фитосанитарные риски производства сои // Защита и карантин растений. 2020. № 10. С. 7–11.
13. Чумаков А. Е. Основные методы фитопатологических исследований. Л. : Колос, 1974. С. 6–8.
14. James B. Sinclair. Compendium of Soybean Diseases. Saint Paul : APS Press, 1982. 104 p.
15. Karlekara A., Sealb A. SoyNet: Soybean leaf diseases classification // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. Vol. 172. P. 105–342.

References

1. Bezmutko S. V., Kozhevnikova I. A., Cherepanova T. A. Analiz rasprostranennosti i razvitiya osnovnykh gribnykh boleznei soi v Primorskom krae [Analysis of the prevalence and development of major mushroom diseases of soy in Primorsky Krai]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. – Far Eastern Agrarian Herald, 2019; 4 (52): 9–15 (in Russ.).
2. Gerasimova L. Soya v rastushchem trende [Soybean in a growing trend]. *Zashchita rastenii*. – Plant protection, 2019; 12: 289 (in Russ.).

3. EMISS: Edinaya mezhvedomstvennaya informacionno-statisticheskaya sistema [EMISS: Unified Interdepartmental Information and Statistical System]. *fedstat.ru* Retrieved from <https://www.fedstat.ru> (Accessed data 12 October 2021) (in Russ.).
4. Korsakov N. I., Ovchinnikova A. N., Mizeva V. I. *Izuchenie ustoichivosti soi k gribnym boleznyam [The study of soybean resistance to fungal diseases]*, Leningrad, Vserossijskij institut rasteniyevodstva imeni N. I. Vavilova, 1979, 46 p. (in Russ.).
5. Krivoshlykov K. M., Roshchina E. Yu. Kozlova S. A. Analiz sostoyaniya i razvitiya proizvodstva soi v mire i v Rossii [Analysis of state and development of soybean production in the world and Russia]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-texnicheskij byullyuten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur imeni V. S. Pustovoita. – Oilseeds. Scientific and Technical bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds named after V. S. Pustovoi*, 2016; 3 (167): 64–69 (in Russ.).
6. Kuchkorov A. M., Avlashev A. K., Imonov Ch. M. Rezul'taty izucheniya boleznei soi v usloviyakh Uzbekistana [Results of studying soybean diseases in the conditions of Uzbekistan]. *Universum: khimiya i biologiya. – Universum: chemistry and biology*, 2020; 10 (76). Retrieved from <https://7universum.com/ru/natyr/archive/item/10738> (Accessed 3 October 2021) (in Russ.).
7. Zaostrovnykh V. I., Kadurov A. A., Dubovitskaya L. K., Ryazannova O. A. Monitoring vidovogo sostava boleznei soi v razlichnykh zonakh sooseyaniya [Monitoring of the species composition of soybean diseases in various soybean zones]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Herald*, 2018; 4 (48): 51–67 (in Russ.).
8. Novikova I. I. Polifunktional'nye biopreparaty dlya fitosanitarnoi optimizatsii agroekosistem v biologicheskom zemledelii [Polyfunctional biological products for phytosanitary optimization of agroecosystems in biological agriculture]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva. – Technologies and technical means of mechanization of crop and livestock production*, 2019; 2 (99): 183–194 (in Russ.).
9. Saenko G. M. Fitosanitarnyi monitoring osnovnykh boleznei soi v Krasnodarskom krae [Phytosanitary monitoring of the basic diseases on soybean in the Krasnodar region]. *Maslichnye kul'tury. – Oilseeds*, 2019; 3 (179): 106–113 (in Russ.).
10. Saenko G. M., Bushneva N. A. Sovmestimost' fungitsidnykh protravitelei soi s inokulyantami [Compatibility of fungicide dressers and inoculators on soybean]. *Maslichnye kul'tury. – Oilseeds*, 2018; 3 (175): 124–127 (in Russ.).
11. Saenko G. M., Mustafina M. A. Fitosanitarnoe obsledovanie soi v Tsentral'nom Chernozem'e [Phytosanitary survey of soybean in the central Chernozem region]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. – News of the Nizhnevolzhsky Agrarian University Complex*, 2021; 2 (62): 175–185 (in Russ.).
12. Sinegovskii M. O., Kuz'min A. A. Sostoyanie, perspektivy i fitosanitarnye riski proizvodstva soi [State, prospects and phytosanitary risks of soybean production]. *Zashchita i karantin rastenii. – Plant protection and quarantine*, 2020; 10: 7–11 (in Russ.).
13. Chumakov A. E. *Osnovnye metody fitopatologicheskikh issledovaniy [The main methods of phytopathological studies]*, Leningrad, Kolos, 1974, 191 p. (in Russ.).
14. James B. Sinclair. *Compendium of Soybean Diseases*, Saint Paul, APS Press, 1982, 104 p.
15. Karlekara A., Sealb A. SoyNet: Soybean leaf diseases classification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2020; 172: 105–342.

© Выборова Т. А., Безмутко С. В., 2021

Статья поступила в редакцию 22.10.2021; одобрена после рецензирования 26.11.2021; принята к публикации 09.12.2021.

The article was submitted 22.10.2021; approved after reviewing 26.11.2021; accepted for publication 09.12.2021.

Информация об авторах

Выборова Татьяна Алексеевна, младший научный сотрудник лаборатории фитопатологии, Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений Федерального научного центра агrobiотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, dalniizr@mail.ru;

Безмутко Светлана Владимировна, научный сотрудник лаборатории фитопатологии, Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений Федерального научного центра агrobiотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, dalniizr@mail.ru

Information about authors

Tatiana A. Vyborova, Junior Researcher of the Laboratory of Phytopathology, Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch of Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, dal-niizr@mail.ru;

Svetlana V. Bezmutko, Researcher of the Laboratory of Phytopathology, Far Eastern Research Institute of Plant Protection – Branch of Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, dal-niizr@mail.ru

УДК 633.18:631.527(571.63)

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-40-45

Оценка селекционных образцов риса конкурсного сортоиспытания в условиях Приморского края

Светлана Сергеевна Гученко¹, Александр Андреевич Борзаница²,
Нина Григорьевна Бельская³

^{1, 2, 3} Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока
имени А. К. Чайки, Приморский край, Уссурийск, Россия

¹ лана_svet8@mail.ru, ² mehanik_aa@mail.ru, ³ primnios@mail.ru

Аннотация. В статье проведена оценка перспективных сортообразцов риса по элементам структуры урожая и по технологическим качествам зерна. Исследования проводились в 2018–2020 гг. на опытных полях Приморской научно-исследовательской опытной станции риса (филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки») (Спасский район, село Новосельское). Материалом для исследования выступали 11 образцов конкурснного сортоиспытания. Опыты закладывались на делянках площадью 25 м² в четырёхкратной повторности. В качестве стандарта принят районированный сорт Приморский 29. Режим орошения – укороченный. По периоду вегетации выделен номер КС 123 (он созрел на четыре дня раньше, чем стандарт). По высоте растения два номера – КС 117 и КС 122, которые были ниже стандарта на 12,4 и 16,5 см. Изучаемые номера отличались хорошей продуктивной кустистостью и высокой озернёностью главных метёлок. По технологическим качествам образцы характеризовались высоким выходом крупы и стекловидностью (до 100 %), низкой плёнчатостью (до 18 %) и трещиноватостью. По крупности зерна выделены два номера – КС 14 и КС 117, масса одной тысячи зёрен которых составляла 34,2 и 34,9 г соответственно. Отмеченные в конкурсном испытании сортообразцы будут использованы в селекционном процессе. По комплексу хозяйственно ценных признаков выделен низкорослый с высокой продуктивностью метёлки (179 шт.), массой одной тысячи зёрен (34,9 г) и стекловидностью (100 %), устойчивый к полеганию образец КС 117.

Ключевые слова: рис, сортообразцы, конкурсное сортоиспытание, продуктивность, технологические качества

Для цитирования: Гученко С. С., Борзаница А. А., Бельская Н. Г. Оценка селекционных образцов риса конкурснного сортоиспытания в условиях Приморского края // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 40–45. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-40-45.

The evaluation of selection rice samples of competitive variety trial in the conditions of Primorsky Krai

Svetlana S. Guchenko¹, Alexander A. Borzanitsa², Nina G. Belskaya³

^{1, 2, 3} Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika,
Primorsky Krai, Ussuriysk, Russia

¹ лана_svet8@mail.ru, ² mehanik_aa@mail.ru, ³ primnios@mail.ru

Abstract. The evaluation of promising rice varieties by the harvest structure elements and technological grain qualities was carried out in the article. The study was conducted in the trial fields of the Primorsky Scientific Research Experimental Station of Rice (branch office of Federal Scientific Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika) in 2018–2020 (Spassky district, Novoselskoye). Eleven variety samples of the competitive variety trial were used as the material for the study. The experiments were performed with four-time repetition on the plots with an area of 25 m² each. Primorsky 29 variety was used as the standard. The irrigation regime was shortened. KS 123 was notable for its growing season as it ripened 4 days earlier than the standard. KS 117 and KS 122 were 12,4 and 16,5 cm respectively lower in height

than the standard. The studied samples showed good productive tilling capacity and high grain content of the main panicles. According to technological grain qualities, samples were characterized by high yield of cereals and vitreousness (up to 100 %), low hoodness (up to 18 %) and stress crack. KS 14 and KS 117 were notable for the grain size; the mass of 1 000 grains was of 34,2 and 34,9 g respectively. The variety samples selected in the competitive variety trial will be used in the breeding process. According to a complex of the economically valuable traits, a low-growing and lodging-resistant sample KS 117 with high panicle productivity (179 grains), 1 000 grains mass (34,9) and vitreousness (up to 100 %) was distinguished.

Keywords: rice, variety samples, competitive variety trial, productivity, technological qualities

For citation: Guchenko S. S., Borzanitsa A. A., Belskaya N. G. The evaluation of selection rice samples of competitive variety trial in the conditions of Primorsky Krai. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 40–45. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-40-45.

Рис – важнейшая сельскохозяйственная культура, которая служит питанием для большей части населения Земли. Дальний Восток – один из немногих регионов России, где возможно возделывание риса, а Приморье – это самый северный район, где рис возделывается.

В Приморском крае наблюдается устойчивое производство риса, которое является одним из основных элементов стабильности экономики Дальневосточного региона России. Однако почвенно-климатические условия для возделывания риса в Приморском крае существенно отличаются от других регионов страны. Значительное обилие осадков в период выращивания риса, более позднее наступление положительных температур в весеннее время и раннее их понижение в осенний период ограничивают время вегетации растений и не позволяют конкурировать рисоводам Приморского края с другими регионами страны [10].

Решение проблемы устойчивого производства риса возможно за счёт внедрения новых сортов, хорошо адаптированных к местным условиям. Большое значение имеет правильно подобранный сортовой материал, который сочетает достаточно высокую и стабильную продуктивность с хорошими технологическими качествами зерна, приспособленный к условиям произрастания конкретной зоны. В связи с этим селекционеры региона ведут постоянную работу по выведению новых, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков, продуктивных, скороспелых сортов, которые в изменчивых условиях произрастания будут давать высокие и стабильные урожаи [1, 3].

Цель исследований заключается в оценке перспективных продуктивных образцов риса, с высокими технологическими качествами крупы, адаптированных к условиям выращивания в Приморском крае.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в период с 2018 по 2020 гг. на опытных полях Приморской научно-исследовательской опытной станции риса – филиала Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки (Спасский район, село Новосельское).

Объектами исследований являлись 11 сортов конкурсного испытания. Опыт закладывался по методикам [9, 5]. Повторность опыта четырехкратная. Стандартом, районированным по Дальневосточной зоне, являлся сорт риса Приморский 29. Площадь делянки 25 м² при норме высева 7 млн. всхожих зерен на гектар с глубокой заделкой семян сеялкой СН-16. Режим орошения – укороченный. Фенологические наблюдения проводились по методике государственного сортоиспытания [7]. Математическая обработка результатов проведена по Б. А. Доспехову [2]. Технологическую оценку зерна риса проводили по методическим указаниям [4, 8].

Результаты и обсуждения. В результате фенологических наблюдений видно, что по периоду вегетации номера КС 14 и КС 125, как и стандарт, относятся к скороспелой группе (100 дн.). Остальные образцы отличались более коротким периодом вегетации на один – четыре дня (табл. 1). Самым скороспелым оказался номер КС 123 (96 дн.), что позволяет его выращивать в более поздние сроки посева.

Таблица 1 – Хозяйственно ценные показатели образцов риса конкурсного испытания (2018–2020 гг.)

Сорт риса	Период вегетации, дн.	Высота растений, см	Продуктивная кустистость, штук на растение	Длина метелки, см	Количество колосков на главной метелке, шт.	Пустозёрность, %
Приморский 29, стандартный	100	88,9	2,4	14,3	182	10,2
КС 2	99	87,6	2,4	15,7	191	10,8
КС 4	98	86,9	3,2	15,2	187	9,9
КС 14	100	88,7	3,0	16,6	162	10,3
КС 37	98	90,4	3,1	14,8	175	7,2
КС 82	98	89,9	3,0	15,2	184	10,1
КС 108	99	90,3	3,4	14,7	189	8,4
КС 117	97	72,4	2,5	14,7	179	10,0
КС 122	99	76,5	3,1	14,6	193	8,7
КС 123	96	87,3	3,3	15,6	187	9,4
КС 125	100	88,1	3,0	13,9	192	10,2
КС 127	99	79,5	3,1	14,1	188	10,1

По высоте растений номера КС 117, КС 122 и КС 127 являются низкорослыми (72,4–79,5 см), остальные номера находятся на уровне со стандартом и относятся к среднерослой группе (от 86,9 до 90,3 см). Практически у всех образцов отмечена высокая продуктивная кустистость стеблей (от 3,0 до 3,4 шт. на растение), кроме номеров КС 2 и КС 117. По количеству колосков на главной метёлке все образцы были на уровне со стандартным сортом Приморский 29 (182 шт.) и отличались высокой продуктивностью (179–193 шт.). Исключением являлся образец КС 14 со значением 162 шт., однако это количество также является высоким показателем продуктивности.

В процессе изучения проводится оценка технологических признаков качества зерна у сортов риса, и далее по результатам оценки ведется отбор ценных образцов. Основными признаками качества зерна являются стекловидность, пленчатость, трещиноватость, крупность зерна и форма зерна, выход и качество крупы [6].

Важным элементом оценки семенной продуктивности является масса одной тысячи зёрен. По крупности зерна номера КС 14 и КС 117 значительно превысили стандарт – на 5,2 и 5,8 г соответственно (табл. 2).

По технологическим качествам сортообразцы имели достаточно низкую пленчатость – от 16,6 до 18,0 %, трещиноватость – от 6,0 до 11,0 %, выход целого ядра – от 94,0 до 97,2 %, высокий выход крупы – от 69,9 до 72,3 %, высокую стекловидность – от 90 до 100 %. При этом по стекловидности особенно выделились номера КС 37, КС 117 и КС 127 с процентом 100 %. Все сорта были с соотношением длины зерновки к ширине в пределах от 1,9 до 2,4 и отнесены к среднезерной группе.

Выводы. Сортообразцы конкурсного испытания рекомендуется использовать в селекционных программах как источники высокой продуктивности, скороспелости и продуктивной кустистости.

Показатели массы одной тысячи зёрен у изучаемых сортов составили от 28,9 до 34,8 г. Количество колосков в ме-

Таблица 2 – Технологические качества зерна риса конкурсного испытания (2018–2020 гг.)

Сорта риса	Масса 1 000 зёрен, г	Стекловидность, %	Трещиноватость, %	Пленчатость, %	Отношение длины к ширине зерновки	Выход крупы, %	
						общий	целого ядра
Приморский 29, стандартный	29,0	100	9	18,6	2,4	69,8	96,6
КС 2	30,6	95	9	17,9	1,9	71,6	97,1
КС 4	28,9	97	9	18,0	2,2	71,4	94,5
КС 14	34,2	99	6	17,2	2,0	71,3	92,9
КС 37	32,3	100	8	17,5	2,4	70,8	95,0
КС 82	32,1	99	7	17,8	2,2	70,5	94,0
КС 108	33,4	95	10	18,0	2,2	72,3	95,8
КС 117	34,9	100	11	16,8	2,3	71,4	96,1
КС 122	32,6	90	11	16,2	2,1	71,5	96,5
КС 123	31,9	90	11	17,8	2,0	69,9	94,5
КС 125	32,6	94	7	16,5	1,9	70,5	96,6
КС 127	32,7	100	7	16,9	2,1	69,9	97,2

телке – от 162 до 193 штук, продуктивная кустистость – от 2,4 до 3,4 штук, высота растений – от 72,4 до 90,4 см.

По технологическим качествам выделены следующие скороспелые номера с высокой стекловидностью и крупностью зерна – КС 37, КС 117 и КС 127.

По комплексу хозяйственно ценных признаков определён низкорослый образец КС 117 с высокой продуктивностью метёлки (179 шт.), массой одной тысячи зёрен (34,9 г) и стекловидностью (100 %), устойчивый к полеганию.

Список источников

1. Григорьев Ю. П., Белан И. Г., Колмаков Ю. В. Конкурсное сортоиспытание яровой мягкой пшеницы в подтаёжной зоне Омской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 7. С. 119–121.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Альянс, 2014. 351 с.
3. Зеленский Г. Л. Перспективы создания высокопродуктивных сортов риса // Аграрная Россия. 2002. № 1. С. 46–47.
4. Кешаниди Х. Л., Казаков Е. Д. Технологическая оценка риса-зерна. М. : Агропромиздат, 1985. 79 с.
5. Костылев П. И. Методы селекции, семеноводства и сортовой агротехники риса. Ростов-на-Дону : Книга, 2011. 288 с.
6. Костылев П. И., Краснова Е. В. Новые сорта риса Вирасан и Пируэт // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 3 (64). С. 44–48.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. / под ред. М. А. Федина. М., 1985. 267 с.

8. Методические указания по повышению качества риса / под ред. Е. П. Алёшина. М. : Колос, 1980. 29 с.
9. Сметанин А. П., Апрод В. А., Дзюба А. П. Методики опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контроль за качеством семян риса. Краснодар, 1972. 155 с.
10. Туманьян Н. Г. Кумейко Т. Б., Чижикова С. С. Изучение среднезерных сортов риса конкурсного сортоиспытания // Евразийский Союз Ученых. 2018. № 12 (57). С. 40–42.

References

1. Grigor'ev Iu. P., Belan I. G., Kolmakov Iu. V. Konkursnoe sortoispytanie iarovoi miagkoi pshenitsy v podtaezhnoi zone Omskoi oblasti [Competitive variety trial of summer soft wheat in under-taiga area of Omsk Oblast]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2015; 7: 119–121 (in Russ.).
2. Dospikhov B. A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovanii) [Methods of the field trial (with the basics of statistical processing of research results)]*, Moskva, Al'ians, 2014, 351 p. (in Russ.).
3. Zelenskii G. L. Perspektivy sozdaniia vysokoproduktivnykh sortov risa [The perspectives of selection of high-productive rice varieties]. *Agrarnaia Rossiia. – Agrarian Russia*, 2002; 1: 46–47 (in Russ.).
4. Keshanidi Kh. L., Kazakov E. D. *Tekhnologicheskaja otsenka risa-zerna [Technological evaluation of the rice grain quality]*, Moskva, Agropromizdat, 1985, 79 p. (in Russ.).
5. Kostylev P. I. *Metody seleksii, semenovodstva i sortovoi agrotekhniki risa [Methods of breeding, seed production and selection agrotechnology of rice]*, Rostov-na-Donu, Kniga, 2011, 288 p. (in Russ.).
6. Kostylev P. I., Krasnova E. V. Novye sorta risa Virasan i Piruet [The new rice varieties Virasan and Piruet]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – Agricultural Science Euro-North-East*, 2018; 3 (64): 44–48 (in Russ.).
7. Fedin M. A. (Eds.). *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniia sel'skokhoziaistvennykh kul'tur [Methods of state variety trials for agricultural crops]*, Moskva, 1985, 267 p. (in Russ.).
8. Aleshin E. P. (Eds.). *Metodicheskie ukazaniia po povysheniiu kachestva risa [Methodological guidelines for rice quality improvement]*, Moskva, Kolos, 1980, 29 p. (in Russ.).
9. Smetanin A. P., Aprod V. A., Dziuba A. P. *Metodiki opytnykh rabot po seleksii, semenovodstvu, semenovedeniiu i kontrol' za kachestvom semian risa [Methods of fieldwork for selection, seed production and seed studies and control of rice seed quality]*, Krasnodar, 1972, 155 p. (in Russ.).
10. Tuman'ian N. G. Kumeiko T. B., Chizhikova S. S. Izuchenie srednezernykh sortov risa konkursnogo sortoispytaniia [Study of medium-grain rice varieties of competitive variety trial]. *Eurasian union of scientist. – Eurasian Union of Scientists*, 2018; 12 (57): 40–42 (in Russ.).

© Гученко С. С., Борзаница А. А., Бельская Н. Г., 2021

Статья поступила в редакцию 22.09.2021; одобрена после рецензирования 07.10.2021; принята к публикации 15.11.2021.

The article was submitted 22.09.2021; approved after reviewing 07.10.2021; accepted for publication 15.11.2021.

Информация об авторах

Гученко Светлана Сергеевна, исполняющий обязанности заведующего лабораторией селекции риса, младший научный сотрудник Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, лана_svet8@mail.ru;

Борзаница Александр Андреевич, директор филиала «Приморская научно-исследовательская опытная станция риса» Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, mehanik_aa@mail.ru;

Бельская Нина Григорьевна, агроном по семеноводству филиала «Приморская научно-исследовательская опытная станция риса» Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, primnios@mail.ru

Information about the authors

Svetlana S. Guchenko, Junior Researcher, Federal Scientific Centre of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, лана_svet8@mail.ru;

Alexander A. Borzanitsa, Branch Director of Primorsky Rice Research and Experimental Station of Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, mehanik_aa@mail.ru;

Nina G. Belskaya, Seed Production Agronomist of Primorsky Rice Research and Experimental Station of Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, primnios@mail.ru

УДК 634.71+54(571.64)

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-46-52

Оценка сортов малины по биохимическим показателям ягод в условиях Амурской области

Антонина Павловна Пакузина¹, Валентина Викторовна Лештаева²,
Анна Борисовна Козлова³, Наталья Алексеевна Тимченко⁴

^{1, 2, 3, 4} Дальневосточный государственный аграрный университет,
Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ pakusina.a@yandex.ru, ² s_valia@mail.ru ^{3, 4} ssizr@dalgau.ru

Аннотация. В статье приведены результаты анализа химического состава ягод малины инорайонных сортов, произрастающих в условиях Амурской области. Показаны сортовые различия малины по накоплению в плодах аскорбиновой кислоты, сахаров, титруемой кислотности и других компонентов. Содержание аскорбиновой кислоты находится в пределах от 35,50 мг на 100 г (сорт Челябинская желтая) до 65,18 мг на 100 г (сорт Кумберленд). Наибольшее количество аскорбиновой кислоты содержится в ягодах малины сорта Оранжевое чудо (66,16 мг на 100 г). Содержание сахаров варьирует от 8 % (сорта Пересвет и Конёк-горбунок) до 10,5 % (сорт Вера). Наибольшее содержание сахаров (11 %) содержится в ягодах малины сорта Кумберленд. Была определена корреляционная зависимость между массой ягод одиннадцати сортов малины и содержанием сахара. Накопление аскорбиновой кислоты, сахаров и других важных показателей в плодах малины зависит от сортовых особенностей. Массовая доля титруемых кислот в пересчёте на яблочную кислоту составляет от 1,22 % (сорт Конёк-Горбунок) до 2,49 % (сорт Гордость России). Зольность ягод малины составляет от 0,37 % (сорт Оранжевое чудо) до 0,84 % (сорт Кумберленд). По содержанию сухого вещества лидируют плоды сорта Гордость России (18,44 %). Флавоноиды в малине были обнаружены по качественным реакциям: цианидиновая проба или проба Шинода, реакция с хлоридом железа (III) и с раствором аммиака. Плоды малины сортов Гордость России, Оранжевое Чудо, Похвалинка и Кумберленд отличаются высоким содержанием питательных и биологически активных веществ.

Ключевые слова: малина, аскорбиновая кислота, кислотность, зольность

Для цитирования: Пакузина А. П., Лештаева В. В., Козлова А. Б., Тимченко Н. А. Оценка сортов малины по биохимическим показателям ягод в условиях Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 46–52. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-46-52.

Assessment of raspberry varieties by berry biochemical indicators in the conditions of the Amur region

Antonina P. Pakusina¹, Valentina V. Leshtaeva²,
Anna B. Kozlova³, Natalia A. Timchenko⁴

^{1, 2, 3, 4} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

¹ pakusina.a@yandex.ru, ² s_valia@mail.ru ^{3, 4} ssizr@dalgau.ru

Abstract. The article presents the results of the chemical composition of raspberry berries in the conditions of the Amur region. The varietal differences of raspberry in the accumulation of ascorbic acid, sugars, titratable acidity and other components are shown. The content of ascorbic acid ranges from 35.50 mg/100 g (the variety Chelyabinskaya zhyoltaya) to 65.18 mg/100 g (the variety Cum-berland). The largest amount of ascorbic acid is found in the raspberry variety Oranzhevoe chudo (66.16 mg/100g). The sugar content varies from 8 % (the varieties Peresvet and Konyok-Gorbunok) to 10.5 % (the variety Vera). The highest sugar content reaches 11 % in Cumberland raspberry. The correlation was determined between the berry weight of 11 raspberry

varieties and the sugar content. The accumulation of ascorbic acid, sugars and other important indicators in raspberry fruits depends on varietal characteristics. The mass fraction of titratable acids in terms of malic acid ranges from 1.22 % (the variety Konyok-Gorbunok) to 2.49 % (the variety Gordost' Rossii). The ash content of raspberries ranges from 0.37 % (the variety Oranzhevoe chudo) to 0.84 % (the variety Cumberland). In terms of dry matter content, fruits of the variety Gordost' Rossii are in the lead (18.44 %). Flavonoids in raspberry were detected by qualitative reactions: cyanidine test or Shinoda test, reaction with iron (III) chloride and with ammonia solution. Raspberry fruits of the varieties Gordost' Rossii, Oranzhevoe chudo, Pohvalinka and Cumberland are distinguished by a high content of nutrients and biologically active substances.

Keywords: raspberry, ascorbic acid, acidity, ash content

For citation: Pakusina A. P., Leshtaeva V. V., Kozlova A. B., Timchenko N. A. Assessment of raspberry varieties by berry biochemical indicators in the conditions of the Amur region. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 46–52. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-46-52.

Для формирования здорового питания необходимым условием является обеспечение населения высококачественными ягодами и фруктами. Ягоды малины являются источником флавоноидов, аскорбиновой кислоты и таких микроэлементов, как калий, магний и медь.

Оценка химического состава плодов и ягод является приоритетной при разработке пищевых продуктов специального, диетического и лечебного питания [1]. Благодаря присутствию в малине полифенолов, флавоноидов, антоцианов, эта ягода обладает антиоксидантным действием [7]. Из-за наличия в большом количестве органических кислот (галловая, гидроксибензойная, хлорогеновая и др.) малина проявляет широкий спектр биологических эффектов. Малина способствует усилению антибактериальной и противовирусной активности, оказывает противовоспалительное и сосудорасширяющее действие [9]. Полезные свойства малины определяют актуальность изучения селекционно-технологических критериев оценки ягод малины [10], поэтому появились оригинальные работы по исследованию биохимического состава ягод малины [7, 12].

Целью данной работы явилось изучение химического состава летних и ремонтантных сортов ягод малины, которые не районированы в Амурской области и проходят первичное сортоиспытание. В задачи исследования входило изучение таких показателей, как содержание аскорбиновой кислоты, сахаров, общей кислотности, зольности, влажности ягод, а также сравнение данных показателей с массой ягод и дегустационной оценкой.

Объекты и методы исследований.

В качестве объектов исследования служили листья малины, собранные 8 июня 2021 г., и ягоды малины, собранные 27 июля и 20 сентября 2021 г.

Нами были использованы: 1) летние сорта малины: красноплодные – Вера, Мишутка, Пересвет, Гордость России; желтоплодная – Челябинская желтая (рис. 1), черноплодная – Кумберленд; 2) ремонтантные сорта малины: красноплодные – Похвалинка, Малиновая гряда (рис. 2), Пингвин, Конёк-Горбунок; желтоплодная – Оранжевое чудо. Все сорта малины являются инорайонными.

Из одиннадцати изучаемых сортов шесть внесены в государственный реестр селекционных достижений [2]: Вера (оригинатор ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий»); Похвалинка, Малиновая гряда (оригинатор Шиблев Владимир Александрович, Нижегородская область); Пингвин, Оранжевое чудо, Пересвет (оригинатор ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства»).

Автором сорта Мишутка является В. М. Зерюков, селекционер научно-исследовательского института садоводства Сибири имени М. А. Лисавенко, сорта Гордость России – В. В. Кичина, селекционер Всероссийского селекционно-технологического института. Малина сорта Челябинская желтая – результат работы группы селекционеров Южно-Уральского НИИ. Авторами сорта малины Конек-Горбунок являются В. А. Шиблев и И. В. Шиблев, Нижегородский питомник «Школьный сад».



Рисунок 1 – Сорт малины Челябинская жёлтая



Рисунок 2 – Сорт малины Малиновая гряда

Малина произрастает в экологически чистом районе (9 км Игнатьевского шоссе). Количество суммарных солнечных температур и влажности достаточно для получения хороших урожаев. Так как зима в Амурской области суровая, то летние сорта на зимний период закрывают плёнкой и землёй, а ремонтантные сорта малины на зиму скашивают. Ремонтантные сорта малины отличаются устойчивостью к болезням.

Массовую долю витамина С в ягодах малины определяли йодометрическим методом по Б. П. Плешкову, который основан на экстрагировании витамина С раствором кислоты (смесью соляной и щавелевой) с последующим титрованием визуальным раствором йодата калия ($KIO_3 + KI$) в присутствии крахмала до установления сине-фиолетовой окраски. Зольность ягод малины устанавливали гравиметрическим методом по ГОСТ 25555.4–91 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы и щелочности общей и водорастворимой золы». Кислотность ягод находили титрованием экстракта раствором 0,1 н. в присутствии индикатора фенолфталеина по ГОСТ ISO 750–2013 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности».

Результаты исследований и их об- суждение. Содержание аскорбиновой кислоты в ягодах летних сортов малины варьировало от 39,21 мг на 100 г (сорт Вера) до 65,18 мг на 100 г (сорт Кумберленд); в ягодах ремонтантных сортов малины – от 40,03 мг на 100 г (сорт Конёк-Горбун) до 66,16 мг на 100 г (сорт Оранжевое чудо). Содержание аскорбиновой кислоты в малине, произрастающей в разных регионах России, значительно различается.

Низкое содержание витамина С отмечают авторы работы [5] в Беларуси и Новосибирской области, а высокое – в горных районах Адыгеи и регионе с континентальным климатом (Оренбургской области). В Брянской области высокое содержание витамина С авторы [5] объясняют успешной селекционной работой. Например, сорт Пересвет, произрастающий в Краснодаре и Мичуринске, содержал аскорбиновой кислоты 24,4 мг и 34,3 мг на 100 г соответственно [5], в Амурской области – 45,64 мг на 100 г (табл. 1). Накопление витамина С в ягодах малины зависит от погодных условий. Его содержание снижается при засухе [3]. В осеннем урожае ремонтантных сортов Оранжевое чудо, Похвалинка витамина С было больше по сравнению с летним урожаем (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав свежих ягод малины

Сорт малины	Зольность, %	Влажность/сухое вещество, %	Титруемая кислотность, % (в пересчете на яблочную кислоту)	Аскорбиновая кислота, мг на 100 г	Сумма сахаров, %
Летние сорта					
Вера	0,47	15,77/84,23	1,37	39,21	10,5
Мишутка	0,68	16,12/ 83,88	1,72	47,00	8,2
Пересвет	0,55	16,25/83,75	1,54	45,64	8,0
Гордость России	0,63	18,44/ 81,56	2,49	42,23	9,2
Челябинская жёлтая	0,67	15,50/84,50	1,50	35,50	8,8
Кумберленд	0,84	17,70/82,3	2,37	65,18	11,0
Ремонтантные сорта					
Пингвин	0,56	12,80/87,20	2,37	51,81	9,8
Конёк-горбунок	0,72	14,56/84,44	1,22	40,03	8,0
Оранжевое чудо	0,37	10,73/89,27	1,37	66,16	7,5
Похвалинка	0,38	17,24/82,76	1,45	59,34	7,0
Малиновая гряда	0,58	15,63/84,37	1,92	46,89	8,7

Сорта малины с высоким содержанием витамина С имели высокую дегустационную оценку. Например, Кумберленд имел 4,21 балла, Оранжевое чудо – 5 баллов. Однако, вкус ягоды определяет содержание сахаров и органических кислот. Массовая доля титруемых кислот в пересчёте на яблочную кислоту составила от 1,22 % (сорт Конёк-Горбунок) до 2,49 % (сорт Гордость России). Ягоды малины содержат салициловую, щавелевую кислоты. В малине обнаружены галловая, гидроксibenзойная, хлорогеновая и другие органические кислоты [7]. Летние сорта малины с высоким значением титруемой кислотности Кумберленд и Гордость России имеют высокую дегустационную оценку – 4,21 и 4,56 балла соответственно.

Содержание сахаров в летних сортах малины составляет от 8,2 % (сорт Мишутка) до 11,0 % (Кумберленд). Осенний урожай ремонтантных сортов (Оран-

жевое чудо и Похвалинка) значительно уступал по накоплению сахаров. В работе [4] указывается, что желтоплодные сорта малины, в том числе сорт Оранжевое чудо, содержат не только больше сахаров по сравнению с красноплодными сортами, но и имеют повышенное содержание фруктозы. Очевидно, что накопление сахаров в ягоде сильно зависит от погодных условий. Авторы работы [8] при изучении дикого вида малины сделали вывод, что наибольшее содержание редуцирующих сахаров, витамина С, титруемых кислот и других важных показателей имеют мелкие плоды, а не крупные.

При изучении одиннадцати сортов малины нами найдена корреляционная зависимость между массой ягоды и содержанием сахаров ($\Delta r = \text{минус } 0,7$). Самые небольшие по весу ягоды (сорта Вера (2,96 г), Гордость России (4,23 г), Кумберленд (2,60 г), Пингвин (3,64 г) содержали

Таблица 2 – Качественные реакции флавоноидов плодов малины (окраска)

Сорт малины	Проба Шинода	С NH_4OH	С FeCl_3
Вера	красная	фиолетовая	коричневая
Мишутка	тёмно-красная	болотно-зелёная	коричневая
Пересвет	тёмно-красная	болотно-зелёная	коричнево-зелёная
Гордость России	тёмно-красная	фиолетовая	тёмно-коричневая
Челябинская жёлтая	красная	жёлтая	зелёная
Кумберленд	красная	фиолетовая	тёмно-коричневая
Пингвин	красная	фиолетовая	зелёная
Конёк-горбунок	красная	болотно-зелёная	зелёная

больше сахаров, чем остальные сорта с большим средним весом ягод. Накопление сахаров в ягодах малины зависит от сортовых особенностей.

Зольность характеризует количество минеральных веществ в ягодах малины. Малина богата железом, цинком, медью, марганцем. Наибольшая зольность у сортов Кумберленд и Конёк-Горбунок (0,84 % и 0,72 % соответственно). Влажность и содержание сухих веществ ягод малины варьировали от 10,73 % до 89,27 % (сорт Оранжевое чудо) и от 18,44 % до 81,56 % (сорт Гордость России).

Малина обладает мощным антиокислительным потенциалом, благодаря присутствию в ней полифенольных соединений, флавонолов, антоцианов. Антиоксидантная активность коррелирует с количеством полифенолов, флавоноидов, аскорбиновой кислоты и общего количества антоцианов [8].

Для получения предварительной информации о структурных особенностях флавоноидных соединений используют химические методы анализа [6]. Флавоноиды в малине были обнаружены по качественным реакциям: цианидиновая проба или проба Шинода (Chinoda), реакция с хлоридом железа (III) и реакция с раствором аммиака. Присутствующие в плодах малины флавонолы, флаваноны и флавоны при восстановлении магнием в присутствии концентрированной соляной кислоты (проба Шинода) дали красное окрашивание, обусловленное образованием антоцианидинов (табл. 2). Флавоноиды

ягод малины с однопроцентным спиртовым раствором хлорида железа (III) дали коричневую окраску (3-ОН-группа) и зелёную окраску (5-ОН-группа).

Экстракт малины (сорт Челябинская жёлтая) с раствором аммиака дал жёлтое окрашивание из-за присутствия различных групп флавоноидов. Фиолетовую окраску с аммиаком дали экстракты малины (сорт Вера, Гордость России, Кумберленд, Пингвин) из-за присутствия антоцианов. Экстракты малины (сорт Мишутка, Пересвет, Конёк-Горбунок) имеют сложный набор флавоноидов и антоцианов и дают с аммиаком болотно-зелёную окраску (табл. 2).

Заключение. В ходе химического анализа плодов малины определено, что сорта малины с высокой дегустационной оценкой содержали большое количество сахара (до 11 %) и аскорбиновой кислоты (до 66,16 мг на 100 г).

Определена корреляционная зависимость между массой ягод одиннадцати сортов малины и содержанием сахара. Флавоноиды в малине были обнаружены по качественным реакциям: цианидиновая проба или проба Шинода (Chinoda), реакция с хлоридом железа (III) и реакция с раствором аммиака.

Результаты представленного исследования по химическому составу ягод малины являются основой для дальнейшего изучения и выделения наиболее ценных сортов с высоким содержанием питательных и биологически активных веществ.

Список источников

1. Акимов М. Ю. Новые селекционно-технологические критерии оценки плодовой и ягодной продукции для индустрии здорового и диетического питания // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 4. С. 244–254.
2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорты растений : официальное издание. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 719 с.
3. Евдокименко, С. Н., Никулин, А. Ф., Бохан, И. А. Оценка сортов ремонтантной малины по биохимическим показателям ягод // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. № 3. С. 49–53.
4. Жбанова Е. В. Биохимическая характеристика плодов генколлекции сортов малины в условиях ЦЧР (Мичуринск) // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2017. Т. 144. Ч. I. С. 182–186.
5. Жбанова Е. В., Ознобкина Е. И. Сравнительная биохимическая оценка сортового фонда малины в разных регионах // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2013. № 6. С. 127–132.
6. Фитохимический анализ растительного сырья, содержащего флавоноиды / Г. М. Федосеева [и др.]. Иркутск : Иркутский государственный медицинский университет, 2009. 67 с.
7. Biochemical assessment of berry crops as a source of production of functional food products / I. V. Kirina [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548 (8). 082068.
8. Chemical composition and antioxidant activity of Chinese wild raspberry (*Rubus hirsutus* Thunb.) / Y. Fu [et al.] // LWT-Food Science and Technology. 2015. Vol. 60 (2). P. 1262–1268.
9. Evaluation of the bioaccessibility of minerals from blackberries, raspberries, blueberries / C. C. Pereira [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2018. Vol. 68. P. 73–78.
10. Okatan V. Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated berry species: A comparative study // Folia Horticulturae. 2020. Vol. 32 (1). P. 79–85.
11. Quality, bioactive compounds and antioxidant capacity of raspberries cultivated in northern Mexico / M. N. Frias-Moreno [et al.] // International Journal of Food Properties. 2021. Vol. 24 (1). P. 603–614.
12. Vitamin value assessment of fruits and berries in the Central Black Earth Region (CBER) by the level of biologically active substances in the wild analogues / N. V. Morgacheva [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. № 548 (7). 072024.

References

1. Akimov M. Yu. Novye selektsionno-tekhnologicheskie kriterii otsenki plodovoj i yagodnoj produktcii dlya industrii zdorovogo i dieticheskogo pitaniya [New breeding and technological evaluation criteria for fruit and berry products for the healthy and dietary food industry]. *Voprosy pitaniia. – Nutrition issues*, 2020; 89 (4): 244–254 (in Russ.).
2. Gosudarstvennyj reestr selektsionnykh dostizhenij dopushhennykh k ispol'zovaniyu. Tom 1. Sorta rastenij [State Register of breeding achievements approved for use. Volume 1. Plant varieties], Moskva, FGBNU "Rosinformagrotech", 2021, 719 p. (in Russ.).
3. Evdokimenko S. N., Nikulin A. F., Bohan I. A. Ocenka sortov remontantnoj maliny po biohimicheskim pokazatelyam yagod [Evaluation of varieties of repair raspberries by biochemical parameters of berries]. *Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2008; 3: 49–53 (in Russ.).
4. Zhbanova E. V. Biohimicheskaya harakteristika plodov genkollekcii sortov maliny v usloviyah CCHR (Michurinsk) [Biochemical characteristics of the fruits of the general collection of raspberry varieties in the conditions of the CDR (Michurinsk)]. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. – Collection of scientific papers of the State Nikitsky Botanical Garden*, 2017; 144: 182–186 (in Russ.).
5. Zhbanova E. V., Oznobkina E. I. Sravnitel'naya biohimicheskaya ocenka sortovogo fonda maliny v raznyh regionah [Comparative biochemical assessment of raspberry varietal stock in different regions]. *Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – News of the Timiryazev Agricultural Academy*, 2013; 6: 127–132 (in Russ.).

6. Fedoseeva G. M., Mirovich V. M., Goryachkina E. G., Perelomova M. V. Fitohimicheskiy analiz rastitel'nogo syr'ya, sodержashchego flavonoidy [Phytochemical analysis of plant raw materials containing flavonoids], Irkutsk, Irkutskiy gosudarstvennyy medicinskiy universitet, 2009, 67 p. (in Russ.).

7. Kirina I. V., Belostokhov F. G., Titova L. V., Suraykina I. A., Pulpitov V. F. Biochemical assesment of berry crops as a source of production of functional food products. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020; 548 (8): 082068.

8. Fu Y., Zhou X., Chen S., Sun Y., Shen Y., Ye X. Chemical composition and antioxidant activity of Chinese wild raspberry (*Rubus hirsutus* Thunb.). LWT-Food Science and Technology, 2015; 60(2): 1262–1268.

9. Pereira C. C., Da-Silva E. N., De-Souza A. O., Vieira M. A., Ribeiro A. S., Cadore S. Evaluation of the bioaccessibility of minerals from blackberries, raspberries, blueberries and strawberries. Journal of Food Composition and Analysis, 2018; 68: 73–78.

10. Okatan V. Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated berry species: A comparative study. Folia Horticulturae, 2020; 32 (1): 79–85.

11. Frias-Monero M. N., Parra-Quezada R. A., Ruiz-Carrizales J., Gonzalez-Aguilar G. A., Sepulveda D., Jacobo-Cuellar J. L. [et al.]. Quality, bioactive compounds and antioxidant capacity of raspberries cultivated in northern Mexico. International Journal of Food Properties, 2021; 24 (1): 603–614.

12. Morgacheva N. V., Zakharov V. L., Petrisheva T. Yu., Sotnikova E. B. Vitamin value assessment of fruits and berries in the Central Black Earth Region (CBER) by the level of biologically active substances in the wild analogues. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020; 548 (7): 072024.

© Пакурина А. П., Лештаева В. В., Козлова А. Б., Тимченко Н. А., 2021

Статья поступила в редакцию 08.10.2021; одобрена после рецензирования 29.10.2021; принята к публикации 29.11.2021.

The article was submitted 08.10.2021; approved after reviewing 29.10.2021; accepted for publication 29.11.2021.

Информация об авторах

Пакурина Антонина Павловна, доктор химических наук, профессор кафедры химии, Дальневосточный государственный аграрный университет, pakusina.a@yandex.ru;

Лештаева Валентина Викторовна, магистрант, Дальневосточный государственный аграрный университет, s_valia@mail.ru;

Козлова Анна Борисовна, кандидат биологических наук, заведующая кафедрой садоводства, селекции и защиты растений, Дальневосточный государственный аграрный университет, ssizr@dalgau.ru;

Тимченко Наталья Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесного хозяйства и лесозащиты, Дальневосточный государственный аграрный университет, ssizr@dalgau.ru

Information about authors

Antonina P. Pakusina, Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Chemistry, Far Eastern State Agrarian University, pakusina.a@yandex.ru;

Valentina V. Leshtaeva, Master's Student, Far Eastern State Agrarian University, s_valia@mail.ru;

Anna B. Kozlova, Candidate of Biological Sciences, Head of the Department of Horticulture, Plant Breeding and Protection, Far Eastern State Agrarian University, ssizr@dalgau.ru;

Natalia A. Timchenko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of forestry and forest exploitation, Far Eastern State Agrarian University, ssizr@dalgau.ru

УДК 635.21:631:527(571.61)

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-53-59

Агроэкологическая оценка перспективных селекционных образцов картофеля в условиях Амурской области

Сергей Васильевич Рафальский¹, Ольга Михайловна Рафальская²,
Татьяна Владимировна Мельникова³

^{1,2,3} Федеральний научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ rsv@vniisoi.ru, ² rom@vniisoi.ru ³ mtv@vniisoi.ru

Аннотация. В статье приведена оценка образцов картофеля по параметрам урожайности, адаптивности и пластичности в южной зоне Приамурья. Исследования проведены в 2016–2018 гг. на луговой черноземовидной почве опытного поля Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», в селе Садовом Тамбовского района Амурской области, в соответствии с общепринятыми методиками. Объектом исследований являлись восемь гибридов среднеранней группы спелости с происхождением: 2 кс (Лидер×Симфония), 2 р (Никита×Камелия), 1 р (Гала×Borra Volleg II), 34 кс (2584-29×05112-1711), 7 р (Корсар×Верди 2), 43 пр (Крепыш×05/12-11), 2117 (2677-67×Гала) и 2121 (93.14-90×Гала). Цель исследований заключалась в агроэкологической оценке гибридов картофеля конкурсного испытания селекционного севооборота. Наиболее благоприятные погодные условия, в сравнении с 2017 и 2018 гг., для роста и развития культуры картофеля сложились в 2016 г. Индекс условий среды равнялся ($I_j=+0,26$). В результате проведенной оценки по параметру урожайности отмечено три гибридных комбинации: 1 р (Гала×Borra Volleg II) с урожайностью 29,77 т/га, превзошедшей стандартный сорт на 6,3 т/га, 2р (Никита×Камелия): 28,6 т/г и 5,2 т/га и 2кс (Лидер×Симфония): 26,5 т/га и 3,1 т/га соответственно. Высокой адаптационной способностью и экологической пластичностью на изменяющиеся условия окружающей среды отличались шесть генотипов (Ka) от 1,01 до 1,11 и (bi) от 1,01 до 1,46. Отмеченные гибриды перспективны при создании сортов дальневосточной селекции.

Ключевые слова: картофель, селекция, гибриды, урожайность, адаптивность, пластичность

Для цитирования: Рафальский С. В., Рафальская О. М., Мельникова Т. В. Агроэкологическая оценка перспективных селекционных образцов картофеля в условиях Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 53–59. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-53-59.

Agroecological assessment of promising potato breeding samples in the conditions of the Amur region

Sergey V. Rafalskiy¹, Olga M. Rafalskaya²,
Tatiana V. Melnikova³

^{1,2,3} Federal Scientific Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean", Amur region, Blagoveshchensk, Russia

¹ rsv@vniisoi.ru, ² rom@vniisoi.ru ³ mtv@vniisoi.ru

Abstract. The article presents the date of potato samples evaluating according to the parameters of yield, adaptability and plasticity in the southern zone of the Amur region. The studies were carried out on the meadow chernozem-like soil of the experimental field of the Federal Scientific Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean", in accordance with generally accepted methods. The object of research was eight hybrids of the mid-early ripeness group with the origin: 2 ks (Lider×Simfoniia), 2 p (Nikita×Camellia), 1 p (Gala×Borra Volleg II), 34 ks (2584-29×05112-1711), 7 p (Korsar×Verdi 2), 43 pr (Krepysh×05/12-11), 2117 (2677-67×Gala) and 2121 (93.14-90×Gala). The purpose of the research was an agroecological assessment of potato hybrids

in a competitive test of selective crop rotation. The most favorable weather conditions, in comparison with 2017 and 2018, for the growth and development of the potato crop were formed in 2016. The index of environmental conditions was equal to ($l_j = +0.26$). As a result of the assessment by the yield parameter, three hybrid combinations were noted: 1 p (Gala×Borra Volleg II) with a yield of 29.77 t/ha, which exceeded the standard variety by 6.3 t/ha, 2 p (Nikita×Camellia) – 28.6 t/ha and 5.2 t/ha and 2 ks (Lider×Simfoniia) – 26.5 t/ha and 3.1 t/ha, respectively. Six genotypes (Ca) from 1.01 to 1.11 and (bi) from 1.01 to 1.46 were distinguished by high adaptive capacity and ecological plasticity to changing environmental conditions. The noted hybrids are promising for the creation of Far Eastern breeding varieties.

Keywords: potato, breeding, hybrids, yield, adaptability, plasticity

For citation: Rafalskiy S. V., Rafalskaya O. M., Melnikova T. V. Agroecological assessment of promising potato breeding samples in the conditions of the Amur region. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 53–59. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-53-59.

Введение. Результативность картофелеводческой отрасли на 70–80 % зависит от сортов картофеля, используемых в производстве. Поэтому сорта, которые востребованы в конкретных почвенно-климатических условиях окружающей среды, должны быть сбалансированы по основным полезным признакам [1]. Эффективность работы селекционеров напрямую зависит от экологической пригодности генотипа [11].

Главным направлением аграрной науки в последнее время, является селекция на адаптивность [15]. Вследствие этого приобретает актуальность проблема создания современных сортов картофеля, имеющих большой адаптивный ресурс к условиям окружающей среды, совмещающих повышенную продуктивность, раннее накопление товарных клубней и неустойчивость к патогенам [7, 10].

Значительный интерес в нынешних условиях приобретает не только потенциальная урожайность сортов, но и их агроэкологическая устойчивость. Поэтому труд селекционеров ориентирован на создание сортообразцов, противостоящих неблагоприятным условиям окружающей среды и максимально использующих благоприятные погодные факторы [13].

Одной из главных задач учёных, по мнению автора, является создание высокопродуктивных сортов картофеля, что невозможно без серьёзных исследований взаимодействия «сорт – среда». При этом важность среды возрастает в изучении генотипов в питомнике конкурсного испытания [6, 12].

Цель исследований заключалась в агроэкологической оценке гибридов картофеля конкурсного испытания селекционного севооборота в южной зоне Приамурья. Задачи исследований включали: определение параметров адаптивности, пластичности и продуктивных возможностей генотипов картофеля; выявление высокоурожайных гибридов, превосходящих стандартный сорт картофеля Невский по продуктивности.

Условия, объекты и методы исследований. Полевые исследования в 2016–2018 гг. проводили на опытном поле Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт сои» в с. Садовое Тамбовского района Амурской области.

Почва опытного участка луговая черноземовидная, тяжёлая по гранулометрическому составу. Содержание гумуса составляло 4,5–4,7 %, $N-NH_4$ – 19–28, $N-NO_3$ – 30–56, P_2O_5 и K_2O – соответственно 46–49 и 130–190 миллиграмм на килограмм почвы. Значение pH_{soil} было равно 5,2; объёмной массы: 1,04–1,01 г/см³; пористости: 43–46 %.

Объектом исследований являлись восемь гибридов картофеля среднеранней группы спелости с происхождением:

- 2 кс (Лидер×Симфония);
- 2 р (Никита×Камелия);
- 1 р (Гала×Borra Volleg II);
- 34 кс (2584-29×05112-1711);
- 7 р (Корсар×Верди 2);
- 43 пр (Крепыш×05/12-11);

2117 (2677-67×Гала);

2121 (93.14-90×Гала).

Стандартом служил среднеранний сорт картофеля Невский. Выращивание картофеля проводили в соответствии с технологией возделывания культуры для южной зоны Амурской области [14]. Учёты и наблюдения осуществляли по общепринятым методикам [2, 3, 8, 9].

Условия климата вегетационных периодов проведения исследований имели отличия по интенсивности увлажнения и по температурному режиму. За трёхлетний период проведения исследований наиболее благоприятным являлся 2016 г., когда значение гидротермического коэффициента составило от 0,7 до 2,1.

Удовлетворительные погодные условия отмечены в 2017 г. Количество выпавших осадков за период с мая по сентябрь было немного выше среднегогодового уровня. Распределение осадков по месяцам составило: в мае – 42 мм, что незначительно больше среднегогодового значения; в июне – 77,2 мм; в июле отмечался существенный недостаток влаги в почве (осадков на 38,1 мм меньше нормы), что привело к снижению клубнеобразования картофеля; в августе – 153,8 мм, что на 50,8 мм выше среднегогодовых показателей.

Вегетационный период 2018 г. оказался неблагоприятным для картофеля по параметрам увлажнения. В период интенсивного прироста ботвы обильные осадки составили 203 % к месячной норме. Значение гидротермического коэффициента находилось в пределах от 0,5 до 3,4.

Для оценки адаптивного потенциала гибридов картофеля использовали методику Л. А. Животкова [4]. По среднему отклонению (в процентах) от средней урожайности за три года вычисляли коэффициент адаптивности (Ка).

По методике Е. А. Yeberkhardt и У. А. Rassel в изложении В. А. Зыкина определяли коэффициент регрессии b_i [5]. Индексы условий среды (l_j) вычисляли для определения параметров экологической пластичности (b_i). Положительные значения индексов среды характеризуют лучшие условия для развития картофеля, а отрицательные значения – худшие. Закладку питомников, учёты и наблюдения

в опытах, а также статистическую обработку полученных данных осуществляли согласно «Методике полевого опыта» [3].

Результаты исследований. Одним из важнейших хозяйственно полезных признаков оценки селекционного материала картофеля является продуктивность клубней. В основном она зависит от своеобразия генотипа и климатических условий возделывания.

Наиболее подходящие условия для роста и развития культуры сложились в 2016 г., при индексе условий среды ($l_j=+0,26$). Урожайность селекционных образцов варьировала от 27,2 до 34,3 тонн с одного гектара (табл. 1).

Неблагоприятные погодные условия 2018 г. ($l_j=-0,27$), характеризующиеся значительным переувлажнением (гидротермический коэффициент составил 3,4 и 2,8 соответственно) способствовали снижению урожайности изучаемых образцов картофеля в среднем на 3,1 тонн с одного гектара.

Средняя урожайность в различных условиях возделывания отражает ценность изучаемого генотипа. О продуктивных возможностях исследуемых гибридов можно судить по коэффициенту адаптивности (Ка). В результате проведенных исследований его значение варьировало от 0,90 до 1,11. В среднем за трёхлетний период исследований из восьми гибридов шесть имели коэффициент адаптивности выше единицы: 43 пр (1,01), 34 кс (1,02), 7 р (1,03), 2 р (1,05), 2 кс (1,07) и 1 р (1,11).

Гибриды с происхождением: Гала× Borra Volleg II, Корсар×Верди 2, Никита×Камелия, Лидер×Симфония, Крепыш×05/12-11 и 2584-29×05/12-1711 отличались высокой пластичностью на изменяющиеся условия среды. При этом коэффициенты регрессии по урожайности были выше единицы и варьировали от 1,01 до 1,46. Отмеченные генотипы отнесены к группе гибридов интенсивного типа.

Наименее пластичными были стандартный сорт картофеля Невский (при коэффициенте регрессии 0,88), гибриды 2121 и 2117 – с коэффициентами регрессии 0,86 и 0,99 соответственно. В сравнении с гибридами интенсивного типа отмеченные популяции менее реагировали на изменения окружающей среды при не-

Таблица 1 – Агроэкологическая оценка гибридов картофеля

Селекционный номер	Урожайность, т/га				Отклонение от среднегодового уровня, %			Коэффициент адаптивности	Пластичность
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	средняя	2016 г.	2017 г.	2018 г.		
Невский (St)	27,3	24,4	22,8	23,4	91,6	90,1	90,4	0,92	0,88
2 кс	30,8	25,2	23,6	26,5	103,3	99,6	103,5	1,07	1,19
2 р	33,9	27,3	24,6	28,6	113,7	107,9	107,8	1,05	1,14
1 р	34,3	28,4	26,4	29,7	115,1	112,2	115,7	1,11	1,40
34 кс	27,3	22,5	20,4	23,0	91,6	88,9	89,4	1,02	1,01
7 р	31,2	25,5	21,0	25,9	104,6	100,7	92,1	1,03	1,32
43 пр	28,3	21,8	20,5	23,5	94,9	86,1	89,9	1,01	1,02
2117	27,2	26,4	22,3	25,3	91,2	104,2	102,5	0,91	0,99
2121	28,5	26,4	23,5	26,1	95,3	103,9	95,3	0,90	0,86
Среднее	29,8	25,3	22,8	25,9	–	–	–	–	–
Индекс условий среды	0,26	0,06	–0,27	–	–	–	–	–	–
НСР ₀₅ , т/га	1,41	1,18	1,05						

благоприятных условиях произрастания и снижали свою урожайность.

По результатам оценки по урожайности, адаптивности и пластичности в местных условиях отмечено три гибрида среднеранней группы спелости:

– 1 р (Гала×Ворга Volleg II) с урожайностью 29,77 т/га, превзошедшей стандартный сорт на 6,3 т/га;

– 2 р (Никита×Камелия), урожайность которого составила 28,6 т/га, что на 5,2 т/га выше стандартного сорта;

– 2 кс (Лидер×Симфония), показавший урожайность 26,5 т/га (на 3,1 т/га больше стандартного сорта).

Следует отметить, что все изучаемые гибриды соответствовали требованиям к сорту по технологическим нормативам. Большая часть изучаемых номеров име-

ли форму клубней от округлой до кругло-овальной, с поверхностными глазками, жёлтым цветом мякоти клубней и обладали хорошим и отличным вкусом.

Заключение. По результатам агроэкологической оценки восьми гибридных популяций картофеля отмечены адаптивные, пластичные и высокоурожайные гибриды: 1 р (Гала×Ворга Volleg II), 2 р (Никита×Камелия) и 2 кс (Лидер×Симфония), с коэффициентом адаптивности (Ка) от 1,05 до 1,11, и уровнем экологической пластичности (bi) от 1,12 до 1,46.

Выделенные гибриды превышали по урожайности стандартный сорт картофеля Невский на 3,1–6,5 т/га. Они, в качестве отдельно обособленных генотипов, перспективны при создании сортов дальневосточной селекции.

Список источников

1. Авдиенко О. В., Лобачев Д. А. Оценка сортов картофеля по устойчивости к отрицательному влиянию биотических и абиотических факторов // Картофелеводство : сб. науч. тр. Минск : Научно-практический центр Национальной академии наук Республики Беларусь по картофелеводству и овощеводству, 2013. С. 6–11.
2. Букасов С. М. Методические указания по определению столовых качеств картофеля. М. : Всероссийский институт растениеводства имени Н. И. Вавилова, 1975. 56 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Животков Л. А., Морозова З. А., Секутаева Л. М. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайность // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–7.

5. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С. Методики расчета экологической пластичности сельскохозяйственных растений по дисциплине «Экологическая генетика». Омск : Омский государственный аграрный университет, 2008. 36 с.
6. Картофелеводство России: итоги, перспективы, приоритеты развития отрасли / С. В. Жевора, Б. В. Анисимов, Е. В. Овэн [и др.] // Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля : материалы науч.-практ. конф. (Москва, 9–10 июля 2018 г.). Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства, 2018. С. 3–16.
7. Лапшинов Н. А., Куликова В. И., Гантимунова А. Н. Оценка сортов и гибридов картофеля по хозяйственно ценным признакам в Кемеровском научно-исследовательском институте сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 10 (30). С. 38–40.
8. Макаров П. П., Склярова И. М., Яшина И. М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. М. : Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина, 2001. 35 с.
9. Методика исследований по культуре картофеля. М. : Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина, 1967. 262 с.
10. Полищук С. Д., Чурилова В. В., Доронкин Ю. В. Селекционная работа по картофелю в Самарской области // Картофель и овощи. 2017. № 2. С. 31–33.
11. Потанин В. Г., Алейников А. Ф., Стёпочкин П. И. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. № 3 (18). С. 548–552.
12. Рафальский С. В. Создание новых сортов картофеля, адаптированных к возделыванию в условиях Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2014. № 1 (29). С. 10–13.
13. Сидоренко Т. Н., Тихонова Л. Г. Результаты экологического испытания сортов картофеля белорусской селекции // Развитие новых технологий селекции и создание отечественного конкурентоспособного семенного фонда картофеля : материалы науч.-практ. конф. (Москва, 5–7 июля 2016 г.). М. : Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства, 2016. С. 35–37.
14. Система земледелия Амурской области : производственно-практический справочник / под ред. П. В. Тихончука. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2016. 570 с.
15. High temperature tolerance in chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes as evaluated by membrane integrity, heat susceptibility index and chlorophyll fluorescence techniques / N. Kumar, A. S. Nandwal, R. S. Waldia [et al.] // Indian Journal Agricultural Science. 2013. Vol. 4 (83). P. 467–471.

References

1. Avdienko O. V., Lobachev D. A. Otsenka sortov kartofelia po ustoychivosti k otritsatel'nomu vliianiyu bioticheskikh i abioticheskikh faktorov [Evaluation of potato varieties for resistance to the negative influence of biotic and abiotic factors]. Proceeding from *Kartofelevodstvo – Potato growing*. (PP. 6–11), Minsk, Nauchno-prakticheskij centr Nacional'noj akademii nauk Respubliki Belarus' po kartofelevodstvu i ovoshchevodstvu, 2013 (in Russ.).
2. Bukasov S. M. *Metodicheskie ukazaniia po opredeleniyu stolovyh kachestv kartofelia [Guidelines for determining the table qualities of potatoes]*, Moskva, Vserossijskij institut rasteniyevodstva imeni N. I. Vavilova, 1975, 56 p. (in Russ.).
3. Dospekhov B. A. *Metodika polevogo opyta [Field experiment technique]*, Mosckva, Agropromizdat, 1985, 351 p. (in Russ.).
4. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekutaeva L. M. Metodika vyiavleniia potentsial'noy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnyh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu urozhaynost' [Methodology for identifying potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of yield]. *Selektsiia i semenovodstvo. – Breeding and seed production*, 1994; 2: 3–7 (in Russ.).

5. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S. *Metodiki rascheta ekologicheskoy plastichnosti sel'skohoziaystvennykh rasteniy po distsipline "Ekologicheskaya genetika"* [Methods for calculating the ecological plasticity of agricultural plants in the discipline "Ecological genetics"], Omsk, Omskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2008, 36 p. (in Russ.).

6. Zhevor S. V., Anisimov B. V., Oven E. V., Yanyushkina N. *Kartofelevodstvo Rossii: itogi, perspektivy, priority razvitiia otrasli* [Potato growing in Russia: results, prospects, development priorities of the industry] Proceeding from The current state and prospects for the development of potato breeding and seed production: *Nauchno-prakticheskaya konferenciya (9–10 iyulia 2018 g.) – Scientific and Practical Conference*, (PP. 3–16), Moskva, Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut kartofel'nogo hozyajstva, 2018 (in Russ.).

7. Lapshinov N. A., Kulikova V. I., Gantimurova A. N. *Otsenka sortov i gibridov kartofelia po hoziaystvenno tsennym priznakam v Kemerovskom nauchno-issledovatel'skom institute sel'skogo hozyajstva* [Evaluation of varieties and hybrids of potatoes for economically valuable traits in the Kemerovo Research Institute of Agriculture]. *Dostizheniia nauki i tekhniki APK. – Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*, 2016; 10 (30): 38–40 (in Russ.).

8. Makarov P. P., Skliarova I. M., Iashina I. M. *Metodicheskie ukazaniia po tekhnologii selektsionnogo protsessa kartofelia* [Methodical instructions on the technology of the potato breeding process], Moskva, Vsesoyuznaya akademiya sel'skohoziaystvennykh nauk imeni V. I. Lenina, 2001, 35 p. (in Russ.).

9. *Metodika issledovaniy po kul'ture kartofelia* [Research methodology for potato culture], Moskva, Vsesoyuznaya akademiya sel'skohoziaystvennykh nauk imeni V. I. Lenina, 1967, 262 p. (in Russ.).

10. Polishchuk S. D., Churilova V. V., Doronkin Yu. V. *Selektsionnaya rabota po kartofelyu v Samarskoy oblasti* [Potato breeding work in the Samara region]. *Kartofel' i ovoshchi. – Potatoes and vegetables*, 2017; 2: 31–33 (in Russ.).

11. Potanin V. G., Aleynikov A. F., Styopochkin P. I. *Novyy podhod k otsenke ekologicheskoy plastichnosti sortov rasteniy* [A new approach to assessing the ecological plasticity of plant varieties]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. – Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2014; 3 (18): 548–552 (in Russ.).

12. Rafal'skiy S. V. *Sozdanie novykh sortov kartofelia, adaptirovannykh k vozdeleyvaniyu v usloviiah Amurskoy oblasti* [Creation of new varieties of potatoes adapted for cultivation in the conditions of the Amur Region]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Herald*, 2014; 1 (29): 10–13 (in Russ.).

13. Sidorenko T. N., Tihonova L. G. *Rezultaty ekologicheskogo ispytaniia sortov kartofelia belorusskoy selektsii* [Results of ecological testing of potato varieties of Belarusian selection] Proceeding from Development of new breeding technologies and creation of a domestic competitive potato seed fund: *Nauchno-prakticheskaya konferenciya (5–7 iyulia 2016 g.) – Scientific and Practical Conference*, (PP. 35–37), Moskva, Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut kartofel'nogo hozyajstva, 2016 (in Russ.).

14. Tihonchuk P. V. (Eds.). *Sistema zemledeliia Amurskoy oblasti: proizvodstvenno-prakticheskii spravochnik* [The farming system of the Amur region: industrial and practical reference book], Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2016, 570 p. (in Russ.).

15. Kumar N., Nandwal A. S., Waldia R. S. [et al.]. High temperature tolerance in chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes as evaluated by membrane integrity, heat susceptibility index and chlorophyll fluorescence techniques. *Indian Journal Agricultural Science*, 2013; 4 (83): 467–471.

© Рафальский С. В., Рафальская О. М., Мельникова Т. В., 2021

Статья поступила в редакцию 26.10.2021; одобрена после рецензирования 23.11.2021; принята к публикации 09.12.2021.

The article was submitted 26.10.2021; approved after reviewing 23.11.2021; accepted for publication 09.12.2021.

Информация об авторах

Рафальский Сергей Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, исполняющий обязанности заведующего лабораторией селекции картофеля, Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», rsv@vniiso.ru;

Рафальская Ольга Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции картофеля, Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», rom@vniiso.ru;

Мельникова Татьяна Владимировна, научный сотрудник лаборатории селекции картофеля, Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», mtv@vniiso.ru

Information about authors

Sergey V. Rafalskiy, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Acting Head of the Laboratory of Potato Breeding, Federal Scientific Center “All-Russian Scientific Research Institute of Soybean”, rsv@vniiso.ru;

Olga M. Rafalskaya, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Potato Breeding, Federal Scientific Center “All-Russian Scientific Research Institute of Soybean”, rom@vniiso.ru;

Tatiana V. Melnikova, Researcher of the Laboratory of Potato Breeding, Federal Scientific Center “All-Russian Scientific Research Institute of Soybean”, mtv@vniiso.ru

УДК 635.21:631.52(571.65)

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-60-64

Перспективы развития картофелеводства в Магаданской области

Яна Дмитриевна Фандеева

Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
Магаданская область, Магадан, Россия, agrarian@maglan.ru

Аннотация. Определяющая роль в обеспечении продовольственной безопасности Северо-Востока отводится картофелеводству как устойчивой базе, направленной на использование внутренних резервов, с целью повышения эффективности и продовольственной обеспеченности. Морозящие туманы, залегание вечной мерзлоты, ранние заморозки, а также высокие потери, возникающие в связи с плохим фитосанитарным состоянием основных сельскохозяйственных культур, приводят к большим потерям урожая, что, в свою очередь, не может не оказывать влияния на рост цен картофеля на рынке Магаданской области. Для решения данной проблемы постоянно ведутся исследования по культуре картофеля на базе Магаданского научно-исследовательского института сельского хозяйства, базирующиеся на биологизированной технологии, направленной на сохранение и повышение плодородия почв и урожайности культур. В ходе селекционных исследований в экстремальных условиях Северо-Востока получены сорта, составляющие биологический фундамент: Зоя, Колымский, Арктика. Сорта сочетают в себе хозяйственно ценные показатели: высокая пластичность, урожайность, товарные и столовые качества клубней, лёжка и устойчивость к болезням. Особое внимание уделяется изучению новых агротехнических приёмов с использованием сырьевых ресурсов Дальнего Востока, которые подтвердили свою эффективность в повышении урожайности и качества картофеля. В условиях Магаданской области испытано три природных компонента: морская вода, водоросли, ягель в качестве предпосадочной обработки клубней. Установлены оптимальные параметры, оказывающие положительный эффект в производстве качественных клубней и повышении урожайности картофеля.

Ключевые слова: картофелеводство, урожайность, посевные площади, валовой сбор, селекция, сорт, агротехнический приём

Для цитирования: Фандеева Я. Д. Перспективы развития картофелеводства в Магаданской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 60–64. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-60-64.

Development prospects of potato growing in the Magadan region

Yana D. Fandeeva

Magadan Research Institute of Agriculture, Magadan region, Magadan, Russia,
agrarian@maglan.ru

Abstract. Potato growing plays a decisive role in ensuring food security in the North-East, as a stable base aimed at using internal reserves in order to increase efficiency and self-sufficiency. The adverse weather events during the growing season, manifested by drizzling fog, permafrost, early frosts, as well as high losses arising from the poor phytosanitary condition of the main crops, lead to large crop losses, which in turn cannot but affect the potato price growth on the market in the Magadan region. To solve this problem, potato culture research is constantly being conducted on the basis of the Magadan Research Institute, based on biologized technology aimed at preserving and increasing soil fertility and crop yields. In the course of breeding research in the extreme conditions of the North-East, varieties were obtained – biological foundation: Zoya, Kolymskiy, Arktika. The varieties combine economically valuable indicators: high plasticity, yield, commodity and table qualities of tubers, keeping quality and resistance to diseases. Special attention is paid to the study of new agrotechnical techniques using raw materials of the Far East, which have proven their effectiveness in increasing the yield and quality of potatoes. In the conditions of

the Magadan region, three natural components were tested: seawater, algae, reindeer lichen as a pre-planting treatment of tubers. Optimal parameters were established that had a positive effect in the production of high-quality tubers and an increase of potato yield.

Keywords: potato growing, yield, acreage, gross harvest, selection, variety, agronomic technique

For citation: Fandeeva Y. D. Development prospects of potato growing in the Magadan region. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 60–64. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-60-64.

На современном этапе развития сельского хозяйства в Магаданской области особенная роль отводится картофелеводству как отрасли агропромышленного комплекса, обеспечивающей продовольственную безопасность населения в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2014–2024 гг., утверждённой Постановлением Правительства Магаданской области от 27 декабря 2019 г. № 928-пп.

Для осуществления намеченных задач по увеличению производства экологически чистого картофеля в рамках данной программы требуется создание и внедрение высокопродуктивных сортов, устойчивых к местным экстремальным погодным условиям, использование более широкого спектра органических и минеральных удобрений.

Картофель в Магаданской области выступает как культура-космополит, являющаяся повседневным углеводосодержащим продуктом питания для местного населения, и его потребление зависит от экономической ситуации и реальных доходов населения.

В процессе реформирования аграрного сектора Магаданской области произошли изменения форм хозяйствования

сельскохозяйственных предприятий, полностью прекратили свое существование совхозы. Социально-экономическая ситуация в регионе способствовала увеличению потребления картофеля, что, в свою очередь, привело к расширению посадок, прежде всего, в хозяйствах населения (табл. 1).

Постоянный отток населения Магаданской области ведёт к ежегодному сокращению посевных площадей. Доля крестьянских (фермерских) хозяйств остаётся невысокой и составляет 7 %. Хозяйства населения занимают 89 % площадей картофеля. В последнее время наблюдается положительная тенденция к увеличению урожайности культуры. Государственные программы и грантовая поддержка в области позволили местным фермерам приобрести семенной материал, гербициды, сельскохозяйственную технику. Это отразилось на урожайности, и, как следствие, на валовом сборе.

Эффективность производства картофеля напрямую связана с лимитирующими факторами: дефицит тепла во время вегетации, высокий приток солнечной радиации, длинный световой день (в июне и июле), ранние осенние заморозки, ветра, повышенная влажность воздуха, туманы в начале лета, близкое залегание вечной мерзлоты, низкое содержание в почвах

Таблица 1 – Динамика площадей посадки, урожайности и валового сбора картофеля в хозяйствах всех категорий [5]

Показатель	1990 г.	2000 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Площади под посадку, га	625	833	748	729	748	738	686	667	657
Урожайность, т/га	6,6	11,6	8,7	10,7	9,5	12,0	13,0	9,3	11,9
Валовой сбор, т	5 240	10 080	5 674	7 694	7 074	8 864	8 329	5 812	7 777

органического вещества. Следовательно, необходимы сорта картофеля, способные адаптироваться к таким условиям и отвечать следующим требованиям: раннеспелость, устойчивость к заморозкам, туманам, перепадам суточных температур, механическим повреждениям и болезням.

Более двадцати лет сотрудники Магаданского научно-исследовательского института сельского хозяйства разрабатывают и применяют низкочатратные агротехнические приёмы при возделывании картофеля, ведут селекционные исследования по данной культуре. Многолетний труд позволил получить ряд перспективных сортообразцов с урожайностью от 30 до 50 т/га и высокими хозяйственно-ценными показателями: внешний вид, выравненность клубней, небольшая глубина глазков, хороший вкус, устойчивость к механическим повреждениям, повышенное содержание сухого вещества и крахмала [1].

Селекционные исследования по картофелю в Магаданской области впервые начаты в 2002 г. под руководством Г. В. Тищенко. В селекционных питомниках высеяно и изучено более 30 тысяч гибридных семян и более 1 500 одноклубневых гибридов картофеля различного генетического происхождения, принадлежащих к 110 гибридным популяциям. Проведены сортоиспытания более 200 новых перспективных сортов, исследовано более 120 гибридных комбинаций.

Исследованиями установлены следующие положения:

1) наибольший выход раннеспелых высокоурожайных образцов можно получить лишь в комбинациях, представленных раннеспелыми сортами, такими как Аусония, Жуковский ранний, Крепыш, Удача, Барака, Дар;

2) выращивание сеянцев по новой разработанной методике обеспечило крепкий и здоровый посадочный материал, изначально адаптированный к экстремальным условиям произрастания.

Магаданская область является уникальным местом для создания и выращивания элитного семенного картофеля на безвирусной основе за счёт специфических условий, созданных самой природой. Глубокое (до двух метров) и сильное промерзание почвы делает невозможным распространение таких грозных вредителей, как колорадский жук и картофельная нематода, а возможности вторичного заражения растений картофеля вирусной и виroidной инфекцией весьма незначительны [6, 7, 8].

Значимых успехов магаданские селекционеры достигли в последние годы. В Государственном реестре охраняемых селекционных достижений зарегистрировано три сорта: Арктика, Колымский, Зоя (табл. 2). Сорта обладают высокими товарными и органолептическими свойствами, хорошей лёжкостью и устойчивостью

Таблица 2 – Основные показатели сортов картофеля местной селекции (Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 2016–2018 гг.)

Показатели	Наименование сорта		
	Арктика	Колымский	Зоя
Урожайность, т/га	16,9–39,1	17,4–36,6	17,1–37,7
Масса товарного клубня, г	96–140	101–142	90–130
Содержание крахмала, %	12,5	11,2–12,0	13,9
Товарность, %	83–97	82–91	83
Лёжкость, %	94	98	96
Устойчивость к болезням:	фитофтороз, рака, золотистая картофельная нематода	рака, золотистая картофельная нематода, морщинистая и полосатая мозаика	рака, золотистая картофельная нематода, морщинистая и полосатая мозаика, скручивание листьев

к наиболее распространенным болезням [2, 3, 4].

Важнейшей задачей стабилизации картофелеводства в области, помимо получения здорового посадочного материала, является разработка биологизированной технологии. Территория Северо-Востока имеет огромные природные ресурсы и полезные ископаемые, которые могут служить сырьем для получения веществ широкого спектра действия.

В условиях Магаданской области для предпосадочной обработки клубней было испытано три местных сырьевых ресурса: ламинария Гурьяновой (*Laminaria gurjanovae*), ягель (*Cladonia rangiferina*, *Cladonia alpestris*, *Cladonia arbuscula*), морская вода Охотского моря [9]. Данный агротехнический приём очень важен при подготовке семенных клубней, и в первую очередь в экстремальных условиях региона. Также он низкзатратный и применим для других территорий.

В ходе исследований нами определено:

- 1) морская вода может использоваться как стимулятор роста, проявляющий свое действие на ранних этапах вегетации;
- 2) ягель обладает бактериостатическими и бактерицидными свойствами и

выступает как компонент пролонгированно-стимулирующего действия;

3) ламинария в порошкообразном виде для обработки клубней неэффективна из-за длительности процесса минерализации водорослей, сложности в практической подготовке к использованию, но в то же время может использоваться в качестве зелёных удобрений.

Экспериментально доказаны оптимальные параметры биоресурсов при обработке клубней, способствующие повышению урожайности и качеству клубней, в том числе накоплению крахмала, сухого вещества, протеина, клетчатки, снижению содержания нитратов.

Таким образом, исходя из приведенных в обзоре данных, следует, что с целью повышения эффективности картофелеводства следует и дальше уделять особое внимание селекции с учетом всесторонней оценки гибридного материала, совершенствованию обработки информации по комплексу признаков у сортов и гибридов для северных территорий, развитию перспективных агроприёмов биологизированного земледелия, способствующего получению высокой урожайности и рентабельности производства.

Список источников

1. Кордабовский В. Ю. Новые скороспелые сортообразцы картофеля // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 6 (48). С. 175–176.
2. Картофель Арктика : пат. № 9733. Рос. Федерация. № 68100 ; заявл. 20.11.2015 ; опубл. 11.07.2018. URL: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/8456881> (дата обращения: 02.10.2021).
3. Картофель Колымский : пат. № 10590. Рос. Федерация. № 71464 ; заявл. 30.11.2016 ; опубл. 23.07.2019. URL: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/8356213> (дата обращения: 02.10.2021).
4. Картофель Зоя : пат. № 10971. Рос. Федерация. № 74076 ; заявл. 28.11.2017 ; опубл. 03.03.2020. URL: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/8262161> (дата обращения: 02.10.2021).
5. Сельское хозяйство Магаданской области : статистический сборник. Магадан : Хабаровскстат, 2020. 52 с.
6. Тищенко Г. В. Перспективность селекции картофеля в Приохотской зоне // Северо-Восток России: прошлое, настоящее, будущее : материалы II регион. науч.-практ. конф. (Магадан, 27–28 ноября 2003 г.). Магадан : Кордис, 2004. С. 339–343.
7. Тищенко Г. В. Результаты селекционных исследований по культуре картофеля в условиях Севера Дальнего Востока // Картофелеводство : сб. науч. тр. М. : Российская академия сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства, 2009. С. 133–138.
8. Тищенко Г. В., Федосова Н. В. Перспективные сорта картофеля для Магаданской области // Картофель и овощи. 2010. № 1. С. 9–10.

9. Фандеева Я. Д. Урожайность и качество клубней картофеля в условиях Магаданской области при использовании биоресурсов Северо-Востока : автореф. дис. ... канд. с.- х. наук. Тюмень, 2016. 16 с.

References

1. Kordabovsky V. Yu. Novye skorospelye sortobraztzy kartofelya [New precocious potato varieties]. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – International Research Journal*, 2016; 6 (48): 175–176 (in Russ.).

2. Simakov E. A., Mityushkin A. V., e. a. Kartofel' Arktika [Potato Arctic] *Patent RF, no 9733 patenton.ru* 2018 Retrieved from <https://reestr.gosstrf.ru/sorts/8456881> (Accessed 02 October 2021) (in Russ.).

3. Zhuravlev A. A., Ivanova O. G., e. a. Kartofel' Kolymskiy [Potato Kolymskiy] *Patent RF, no 10590 patenton.ru* 2016 Retrieved from <https://reestr.gosstrf.ru/sorts/8356213> (Accessed 02 October 2021) (in Russ.).

4. Zhuravlev A. A., Ivanova O. G., e. a. Kartofel' Zoya [Potato Zoya] *Patent RF, no 10971 patenton.ru* 2017 Retrieved from <https://reestr.gosstrf.ru/sorts/8262161> (Accessed 02 October 2021) (in Russ.).

5. *Sel'skoe khozyaystvo Magadanskoj oblasti : statisticheskij sbornik [Agriculture of the Magadan region : statistical collection]*, Magadan, Habarovskstat, 2020, 52 p. (in Russ.).

6. Tishchenko G. V. Perspektivnost' selektsii kartofelya v Priokhotskoy zone [Prospects of potato breeding in the Priokhotskaya zone]. Proceedings from North-East of Russia: past, present, future : *II regional'naya nauchno-prakticheskaya konferenciya (27–28 noyabrya 2003 g.) – 2nd Regional Scientific and Practical Conference*. (PP. 339–343), Magadan, Kordis, 2004 (in Russ.).

7. Tishchenko G. V. Rezul'taty selektsionnykh issledovaniy po kul'ture kartofelya v usloviyakh Severa Dal'nego Vostoka [Results of breeding research on potato culture in the conditions of the North of the Far East]. Proceeding from *Kartofelevodstvo – Potato growing*. (PP. 133–138), Moskva, Rossijskaya akademiya sel'skohozyajstvennykh nauk, Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut kartofel'nogo hozyajstva, 2009 (in Russ.).

8. Tishchenko G. V., Fedosova N. V. Perspektivnye sorta kartofelya dlya Magadanskoj oblasti [Promising potato varieties for the Magadan region]. *Kartofel' i ovoshchi. – Potatoes and vegetables*, 2010; 1: 9–10 (in Russ.).

9. Fandeeva Ya. D. Urozhaynost' i kachestvo klubney kartofelya v usloviyakh Magadanskoj oblasti pri ispol'zovanii bioresursov Severo-Vostoka [Yield and quality of potato tubers in the conditions of the Magadan region when using bioresources of the North-East]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Tyumen', 2016, 16 p. (in Russ.).

© Фандеева Я. Д., 2021

Статья поступила в редакцию 12.10.2021; одобрена после рецензирования 28.10.2021; принята к публикации 30.11.2021.

The article was submitted 12.10.2021; approved after reviewing 28.10.2021; accepted for publication 30.11.2021.

Информация об авторах

Фандеева Яна Дмитриевна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, agrarian@maglan.ru

Information about authors

Yana D. Fandeeva, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Magadan Research Institute of Agriculture, agrarian@maglan.ru

УДК 632.4:634.22(571.63)

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-65-71

Источники устойчивости к грибным болезням для создания новых сортов сливы в условиях юга Приморья

Валентина Викторовна Яковлева

Приморская плодово-ягодная опытная станция Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, Приморский край, Владивосток, Россия, yakovlevavalent1ne@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения устойчивости сортов сливы к основным грибным болезням, к которым относятся монилиоз, полистигмоз, клястероспориоз. Исследования проводились на протяжении пяти лет (2013–2017 гг.). В качестве объекта исследований использованы 23 сорта сливы различного географического происхождения, произрастающие в коллекции Приморской плодово-ягодной опытной станции. При этом контрольным являлся районированный сорт Надежда Приморья. Исследования проводили по методике оценки сортов косточковых культур по устойчивости к болезням и вредителям. Степень поражения деревьев грибными болезнями оценивали в полевых условиях визуально, по 6-балльной шкале. Установлено, что степень поражения сливы грибными болезнями зависит от сорта, его происхождения и метеоусловий года. Дан характер проявления признаков заболеваний на сливе. Выделены устойчивые сорта сливы к наиболее вредоносным болезням: монилиозу, клястероспориозу, полистигмозу. Комплексная устойчивость к данным болезням выявлена у сортов селекции Приморской плодово-ягодной опытной станции Приморочка, Щедрая, Варвара-краса, и у интродуцированных сортов Глобус, Июльская роза, Колоновидная, Асалода. Эти сорта могут быть использованы в селекции сливы на комплекс хозяйственно ценных признаков.

Ключевые слова: слива, сорт, устойчивость, монилиоз, клястероспориоз, полистигмоз

Для цитирования: Яковлева В. В. Источники устойчивости к грибным болезням для создания новых сортов сливы в условиях юга Приморья // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 65–71. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-65-71.

Resistance sources to fungal diseases for the creation of new plum varieties in the conditions of the south of Primorye

Valentina V. Yakovleva

Primorskaya Fruit and Berry Experimental Station – Branch of Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, Primorsky Krai, Vladivostok, Russia, yakovlevavalent1ne@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of study of the resistance of plum varieties to the main fungal diseases. These include moniliosis, klasterosporiosis, polystigmosis. The study was carried out for 5 years from 2013 to 2017. The objects of study are 23 plum varieties of various ecological and geographical origin, growing in the collection of Primorsky Fruit and Berry Experimental Station. The zoned variety Nadezhda Primorya was used as the control. The study was carried out according to the method of stone fruit crop assessment for resistance to diseases and pests. The degree of damage to trees by fungal diseases was assessed visually in the field conditions, using 6-point scale. It was found that the degree of fungal diseases affecting plums depended on the variety, its origin and weather conditions of the year. The nature of the disease sign manifestation on the plum is given. The plum varieties resistant to the most harmful fungal diseases – moniliosis, polystigmosis, klasterosporiosis have been identified. Complex resistance to fungal diseases was revealed in the varieties of Primorsky Fruit and Berry Experimental Station – Primorochka, Shchedraya, Varvara-krasa, and in the introduced varieties Globus, Iyulskaya rosa, Kolonovidnaya, Asaloda. These varieties can be used in the selection of plums for a complex of

economically valuable traits.

Keywords: plum, variety, resistance, moniliosis, klasterosporiosis, polystigmosis

For citation: Yakovleva V. V. Resistance sources to fungal diseases for the creation of new plum varieties in the conditions of the south of Primorye. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 65–71. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-65-71.

Введение. Слива – ведущая косточковая культура в России, получившая распространение во всех зонах плодоводства. Среди выращиваемых на Дальнем Востоке плодовых деревьев слива дает лучшие по вкусу плоды. Дальневосточные сорта слив наиболее скороплодные и урожайные. Грибные болезни в значительной степени снижают урожайность сливы.

Бедность сортимента и ограниченность исходного материала для отбора и селекции новых устойчивых к болезням сортов свидетельствуют о необходимости усиленной интродукции и широкого изучения сортов [6, 7].

Наибольший вред сливе на Дальнем Востоке наносят следующие грибные болезни: клостероспориоз, монилиальный ожог, краснуха. Монилиальный ожог соцветий и завязей плодов в сильной степени проявляется в годы, когда в период цветения слив стоит холодная и влажная погода. Плоды сливы в период дождей сильно повреждаются плодовой гнилью [3].

В связи с этим актуальным является подбор источников и доноров сливы, устойчивых к наиболее распространенным болезням для селекции новых генотипов.

Цель работы состоит в выделении из коллекции Приморской плодово-ягодной опытной станции сортов и форм сливы, устойчивых к грибным болезням для использования в селекции на иммунитет.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на Приморской плодово-ягодной опытной станции Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки в 2013–2017 гг.

Объектами исследований выступали сорта сливы селекции Приморской плодово-ягодной опытной станции, Научно-исследовательского института садоводства Сибири имени М. А. Лисавенко, Белорусского научно-исследовательского института плодоводства, Крымской опытной

селекционной станции. В качестве контрольного использовали районированный сорт Надежда Приморья, селекции Приморской плодово-ягодной опытной станции.

Исследование проводили по методике оценки сортов косточковых культур по устойчивости к болезням и вредителям [5]. Степень поражаемости деревьев грибными болезнями оценивали в полевых условиях по шестибальной шкале:

- 0 – поражение отсутствует;
- 1 – поражены единичные листья, побеги (очень слабое);
- 2 – поражено до 10 % органов (слабое);
- 3 – поражено до 25 % органов (среднее);
- 4 – поражено до 50 % органов (сильное);
- 5 – поражено свыше 50 % органов (очень сильное) [5].

Статистические данные обрабатывали по методике Б. А. Доспехова [2].

Результаты и обсуждение. Монилиальный ожог или плодовая гниль – возбудитель *Monilia cinerea* Bonord. Гриб поражает цветы, позднее поражаются побеги, листья, плоды. Цветки как будто обожженные, соцветия засыхают. На всех пораженных участках дерева появляются мелкие серые подушечки. На плодах заболевание проявляется в виде гнили, плоды мумифицируются [4].

За вегетационный период гриб производит несколько генераций конидий, приводя к массовому заражению всего дерева. Гриб зимует при помощи склероциев на пораженных плодах, плодоножках и листьях. При повреждении плодов вредителями образуются ранки, куда и проникает грибок. Грибница, сохранившаяся на плодах, весной образует споры возбудителя [4, 5]. Прохладная и влажная погода весной во время цветения способствует развитию болезни. Споры прорастают при



Рисунок 1 – Монилиоз плодов сливы



Рисунок 2 – Краснуха на листьях сливы

Рисунок 3 – Краснуха на плодах сливы



Рисунок 4 – Дырчатая пятнистость на листьях сливы

попадании на цветок. Первый учет проводят через 7–10 дней после цветения по 5-балльной шкале (рис.1).

Существенные различия по степени поражения монилиозом между контрольным сортом Надежда Приморья выявлены у сортов: Приморочка, Щедрая, Варвара-краса, Асалода, Июньская роза, Найдёна, Колоновидная, Глобус, Подарок Саду-Гиганту (табл. 1, 2). Эти сорта можно отнести к устойчивой к монилиозу группе сортов. Сорта, произошедшие от сливы китайской, равноценны контрольному сорту по степени поражаемости монилией. В годы перенасыщенные влагой (2015–2016 гг.) поражаемость сортов монилией была очень высокая – максимальный балл 3,5–4,8 (китайский вид) и сорта вида алыча – 2,5 балла.

Полистигмоз (краснуха) вызывается грибом *Polystigma ussuriensis* A. Proz. (рис. 2, 3). Заболевание проявляется на листьях в виде оранжево-красных пятен.

Листья преждевременно опадают, что приводит к потере урожая. Возбудитель болезни зимует на опавших листьях. Заражение происходит в конце мая – начале июня. Пятна появляются на листьях и плодах всего дерева. Зараженные деревья сильно ослабляются и подмерзают [1]. Оценку сортов проводят по 5-ти балльной шкале [5].

Большинство сортов проявили слабую степень поражения полистигмозом (0,5–1,5 балла). Сорта Асалода, Варвара-краса, Подарок Саду-Гиганту, Приморочка, Щедрая, Надежда Приморья, Июньская роза, Найдёна, Колоновидная, Глобус, Скороплодная, Кубанская комета, Шаровая, Антонина, Ромэн, Ананасная, Хабаровская ранняя были поражены полистигмозом на уровне контроля (от 0,5 до 1,7 баллов). Сильное поражение отмечено у сортов Компотная и Горная желтая (от 2,4 до 2,6 баллов) (табл. 1, 2).

Таблица 1 – Степень поражения сортов сливы грибными болезнями (2013-2017 гг.)

В средних баллах

Сорт	Монилиоз	Полистигмоз	Клястероспориоз
Слива китайская			
1 Надежда Приморья (контроль)	2,8	0,8	1,6
2 Приморочка	1,3	0,0	1,4
3 Шаровая	3,0	1,0	1,8
4 Антонина	3,0	0,5	1,4
5 Ромэн	2,7	0,8	1,3
6 Хабаровская десертная	3,2	1,7	1,8
7 Горная жёлтая	3,5	2,8	2,4
8 Компотная	3,3	2,5	2,2
9 Вика	3,4	2,2	2,2
10 Хабаровская ранняя	3,2	1,7	2,0
11 Ананасная	2,8	0,5	1,3
Алыча			
12 Варвара-краса	1,4	0,0	1,0
13 Асалода	1,5	0,5	1,2
14 Июльская роза	1,4	0,8	1,3
15 Скороплодная	2,5	0,8	1,0
16 Найдёна	1,5	0,5	1,7
17 Кубанская комета	2,3	0,9	1,2
18 Колоновидная	1,5	0,5	1,3
19 Глобус	1,3	0,0	1,4
20 Подарок Саду-Гиганту	1,4	0,0	1,0
21 Щедрая	1,3	0,5	1,4
	НСР_{0,05}=0,5	НСР_{0,05}=0,7	НСР_{0,05}=0,7

Таблица 2 – Группировка сортов сливы по отношению к контролю

Грибные болезни	Группа сортов		
	1	2	3
Монилиоз	Слива китайская		
	Щедрая, Приморочка	Надежда Приморья (контроль), Скороплодная, Шаровая, Антонина, Ромэн, Ананасная, Хабаровская десертная, Компотная, Хабаровская ранняя	Горная, Жёлтая, Вика
	Алыча		
	Варвара-краса, Асалода, Июньская роза, Колоновидная, Глобус, Подарок Саду-Гиганту, Найдёна	Кубанская комета	
Полистигмоз	Слива китайская		
		Надежда Приморья (контроль), Приморочка, Щедрая, Шаровая, Ромэн, Вика, Ананасная, Антонина, Хабаровская десертная, Хабаровская ранняя, Скороплодная	Компотная, Горная, Жёлтая
	Алыча		
		Варвара-краса, Асалода, Июньская роза, Найдёна, Колоновидная, Глобус, Подарок Саду-Гиганту, Кубанская комета	
Клястероспориоз	Слива китайская		
	Антонина	Надежда Приморья (контроль), Шаровая, Компотная, Горная жёлтая, Вика, Ромэн, Ананасная, Хабаровская ранняя, Хабаровская десертная, Скороплодная	
	Алыча		
	Варвара-краса, Найдёна, Колоновидная, Асалода	Июльская роза, Глобус, Кубанская комета, Приморочка, Щедрая, Подарок Саду-Гиганту	

Клястероспориоз – болезнь, вызываемая возбудителем, которым является гриб *Clasterosporium carpophilum* (Lev.) Aderch (рис. 4). Патоген поражает почти все дерево: листья, ветви, штамп, плоды [1]. На листьях и плодах в середине июня сначала появляются красновато-коричневые пятна, которые через некоторое вре-

мя засыхают и выпадают. В результате на листьях появляются дырки. Пораженная ткань отмирает и выпадает, образуя отверстия. Плоды покрываются мелкими красно-бурыми пятнами, происходит отмирание мякоти до косточки. Гриб зимует на побегах и опавших листьях. Инфекция распространяется при высокой влажности

и низкой температуре воздуха [1, 6]. Визуальный учет поражаемости сортов класпероспориозом проводили по 5-балльной шкале [5].

К устойчивым к класпероспориозу сортам сливы можно отнести: Антонина, Варвара-краса, Колоновидная, Асалода, Найдёна (разность с контрольным сортом здесь существенна).

На основе критерия существенности наименьшей существенной разницы, сорта сливы разделили на группы по отношению к контрольному сорту (табл. 2).

В первой группе представлены сорта, которые существенно меньше поражаются болезнями, чем контрольный сорт (Надежда Приморья).

Вторая группа включает сорта с баллом поражения болезнями на уровне контрольного сорта (разница не существенна).

Третья группа определяются сортами, которые поражаются болезнями существенно больше контрольного сорта.

Выводы:

1. Степень поражения монилиозом, класпероспориозом и полистигмозом находится в сильной зависимости от сорта, его происхождения и метеоусловий года.

2. Как устойчивые к дырчатой пятнистости выделены сорта Колоновидная, Щедрая, Приморочка, Варвара-краса, Подарок Саду-Гиганту, Антонина, Асалода.

3. Слабо поражаемыми монилиальным ожогом являются сорта Подарок Саду-Гиганту, Приморочка, Асалода, Щедрая, Варвара-краса, Июньская роза, Найдёна, Колоновидная, Глобус.

3. Устойчивость к полистигмозу у сортов находится на уровне контрольного сорта (Надежда Приморья).

4. К комплексу болезней устойчивыми являются сорта сливы: Щедрая, Приморочка, Варвара-краса (селекции Приморская плодово-ягодная опытная станция), Колоновидная, Найдёна, Подарок Саду-Гиганту. Эти сорта будут использованы в селекции новых сортов сливы.

Список источников

1. Бильдер И. В. Видовое разнообразие грибов рода *Monilinia* на плодовых культурах // Вестник защиты растений. 2007. № 5. С. 94–100.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. Казьмин Г. Т. Дальневосточные сливы. Хабаровск : Хабаровское книжное издательство, 1966. 326 с.
4. Насонова Г. В. Проблема борьбы с монилиозом на вишне и пути ее решения // Современное садоводство. 2017. № 3. С. 65–73.
5. Программа и методика сортоизучения плодовых ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 1999. 330 с.
6. Яковлева В. В. Интродукция и сортоизучение сливы в Приморском крае // Электронный журнал «Современное садоводство». 2016. № 1. С. 31–35.
7. Яковлева В. В., Сеткова Л. Г. Новые сорта сливы в Приморском крае // Инновационные научные достижения в АПК Дальневосточного региона: теория и практика : материалы регион. науч. - практ. конф. (Южно-Сахалинск, 6 апреля 2018 г.). Южно-Сахалинск : Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, 2018. С. 149–158.

References

1. Bil'der I. V. Vidovoe raznoobrazie gribov roda *Monilinia* na plodovyh kul'turah [Species diversity of fungi of *Monilia* genus on fruit crops]. *Vestnik zashchity rastenij. – Bulletin of Plant Protection*, 2007; 5: 94-100 (in Russ.).
2. Dospikhov B. A. *Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience]*, Moscow, Agropromizdat, 1985, 351 p. (in Russ.).

3. Kaz'min G. T. *Dal'nevostochnye slivy [Far East plums]*, Khabarovsk, Habarovskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1966, 326 p. (in Russ.).
4. Nasonova G. V. Problema bor'by s moniliozom na vishne i puti ee resheniya [The problem of the struggle with moniliosis on cherries and solutions]. *Sovremennoe sadovodstvo. – Modern gardening*, 2017; 3: 65–73 (in Russ.).
5. Sedova E. N., Ogoltsova T. P. (Eds.). *Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur [Program and methodology of variety studies of fruit berry and nut crops]*, Orel, Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut selekcii plodovyh kul'tur, 1999, 330 p. (in Russ.).
6. Yakovleva V. V. Introduktsiya i sortoizuchenie slivy v Primorskom krae [Introduction and variety study of plums in the Primorsky Territory]. *Elektronnyj zhurnal «Sovremennoe sadovodstvo». – Electronic magazine "Modern gardening"*, 2016; 1: 31–35 (in Russ.).
7. Yakovleva V. V., Setkova L. G. Novye sorta slivy v Primorskom krae [New varieties of plums in the Primorsky Territory], Proceedings from Innovative scientific achievements in the agro-industrial complex of the Far Eastern region: theory and practice : *Regional'naya nauchno-prakticheskaya konferenciya (6 aprelya 2018 g.) – Regional Scientific and Practical Conference*. (PP. 149–158), Yuzhno-Sahalinsk, Sahalinskij nauchno-issledovatel'skij institut sel'skogo hozyajstva, 2018 (in Russ.).

© Яковлева В. В., 2021

Статья поступила в редакцию 30.09.2021; одобрена после рецензирования 15.10.2021; принята к публикации 25.11.2021.

The article was submitted 30.09.2021; approved after reviewing 15.10.2021; accepted for publication 25.11.2021.

Информация об авторах

Яковлева Валентина Викторовна, научный сотрудник, Приморская плодово-ягодная опытная станция Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки», yakovlevavalent1ne@yandex.ru

Information about the authors

Valentina V. Yakovleva, Researcher, Primorskaya Fruit and Berry Experimental Station – Branch of Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, yakovlevavalent1ne@yandex.ru

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

VETERINARY AND ANIMAL BREEDING

УДК 591.4:619:619.99:636.7

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-72-77

Гематологические показатели собак, инвазированных *Dirofilaria immitis*Татьяна Михайловна Алымова¹, Олеся Валерьевна Груздова²,
Алена Владимировна Корнилова³, Ольга Владимировна Демкина⁴¹ Ветеринарная клиника «Бетховен», Хабаровский край, Хабаровск, Россия^{1, 2, 3, 4} Дальневосточный государственный аграрный университет, Амурская область, Благовещенск, Россия¹ T.alymova2015@yandex.ru, ² gruzdova76@mail.ru, ³ kornilovaalena81@yandex.ru,⁴ demkina-olsen@mail.ru

Аннотация. В условиях ветеринарной клиники «Бетховен» г. Хабаровска проведены гематологические и биохимические исследования крови собак, зараженных нематодами *Dirofilaria immitis*. У всех больных собак выявлены изменения лейкоцитарной формулы и отклонения биохимических показателей сыворотки крови от референсных значений. На рентгеновских снимках у животных отмечены классические признаки при инвазии *Dirofilaria immitis* – расширение крупных сосудов, лёгочная гипертензия тяжелой степени, выпячивание главной лёгочной артерии. При эхокардиографии у животных с третьей и четвёртой стадией заболевания выявлены дилатация правых отделов сердца, расширение фиброзного кольца трикуспедального, пульмонального клапанов, регургитация трансмитрального потока третьей степени. В полости правого предсердия лоцировались гиперэхогенные объекты вариативной формы (дирофилярии). Также течение болезни сопровождалось гипертрофией миокарда левого желудочка смешанного типа и нарушением диастолической функции левого желудочка по типу нарушения релаксации. Дирофиляриоз плотоядных вызывается нематодами рода *Dirofilaria* следующих видов: *D. immitis*, *D. repens* и *D. ursi*. У собак паразитирует два вида – *D. immitis* и *D. repens*. *Dirofilaria immitis* в половозрелой стадии паразитирует в правой половине сердца и лёгочной артерии, а личиночная стадия, или микрофилярии, циркулируют в кровяном русле. Заболевание приводит к сердечной недостаточности, эндокардиту, асцитам и циррозу печени, к эмболии кровеносных сосудов и гибели собак. На территории Российской Федерации заболевание регистрируется повсеместно, в том числе и на Дальнем Востоке, включая Хабаровский край.

Ключевые слова: собаки, *Dirofilaria immitis*, гематологические показатели крови, биохимические показатели крови

Для цитирования: Алымова Т. М., Груздова О. В., Корнилова А. В., Демкина О. В. Гематологические показатели собак, инвазированных *Dirofilaria immitis* // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 72–77. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-72-77.

Hematologic parameters of dogs infected with *Dirofilaria immitis*Tatiana M. Alymova¹, Olesya V. Gruzdova², Alyona V. Kornilova³, Olga V. Demkina⁴¹ Veterinary Clinic "Beethoven", Khabarovsk Krai, Khabarovsk, Russia^{1, 2, 3, 4} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia¹ T.alymova2015@yandex.ru, ² gruzdova76@mail.ru, ³ kornilovaalena81@yandex.ru,⁴ demkina-olsen@mail.ru

Abstract. In the conditions of the veterinary clinic "Beethoven" in Khabarovsk, hematological and biochemical studies of the blood of dogs infected with the nematodes *Dirofilaria immitis*

were carried out. All sick dogs showed changes in the leukocyte formula and deviations of the biochemical parameters of blood serum from the reference values. X-ray images of the animals showed classic signs of *Dirofilaria immitis* invasion, dilation of large vessels, severe pulmonary hypertension, protrusion of the main pulmonary artery. Echocardiography in animals with the third and fourth stages of the disease showed dilatation of the right heart, expansion of the fibrous ring of the tricuspidal and pulmonary valves, and regurgitation of the third-degree transmitral flow. In the cavity of the right atrium, hyperechoic objects of variable form (dirofilaria) were located. Also, the course of the disease was accompanied by mixed type left ventricular myocardial hypertrophy and impaired left ventricular diastolic function by the type of relaxation impairment. Dirofilariasis of carnivores is caused by nematodes of the genus *Dirofilaria*: *D. immitis*, *D. repens* and *D. Ursi*. Two species are parasitic in dogs – *D. immitis* and *D. repens*. *Dirofilaria immitis* in the sexually mature stage parasitizes in the right half of the heart and pulmonary artery, and the larval stage, or microfilariae, circulate in the bloodstream. The disease leads to heart failure, endocarditis, ascites and liver cirrhosis, embolism of blood vessels and death of dogs. On the territory of the Russian Federation, the disease is registered everywhere, including the Khabarovsk Territory in the Far East.

Keywords: dogs, *Dirofilaria immitis*, hematological blood parameters, biochemical blood parameters

For citation: Alymova T. M., Gruzdova O. V., Kornilova A. V., Demkina O. V. Hematologic parameters of dogs infected with *Dirofilaria immitis*. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 72–77. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-72-77.

Введение. Дирофиляриоз – сезонное заболевание. Количество подтверждённых случаев заболевания собак находится в прямой зависимости от активности комаров в весенне-летний период. Промежуточными хозяевами и переносчиками микрофилярий являются комары родов *Culex*, *Anopheles* и *Aedes* [1]. Животные инвазируются во время питания комаров. Личинки дирофилярий проникают из колющего аппарата насекомого в кровяное русло definitivoного хозяина [1].

Взрослые особи и личинки гельминта, паразитируя в организме, оказывают патологическое влияние на органы и ткани, в том числе и на кровь. В рутинных исследованиях часто отмечают эозинофилию и протеинурию, базофилию, тромбоцитопению, нейтрофилию и анемию.

Целью исследования является выявление отклонений в гематологических показателях собак, зараженных *Dirofilaria Immitis*, в условиях г. Хабаровска.

Материалы и методы. Материалом для исследования служила кровь от собак, поступивших в ветеринарную клинику «Бетховен» г. Хабаровска с подозрением на сердечный дирофиляриоз. Пробы крови на наличие микрофилярий исследовали методом концентрации по Кнотту и методом нативного мазка [2].

Для дифференциальной диагностики использовался экспресс-тест на микрофилярии *Dirofilaria immitis* «Canine Heartworm Ag (CHW Ag)» разработчика Hospitex Diagnostics. При обнаружении нарушения ритма сердца проводили рентгенографическое исследование на аппарате SEDECAL R 72 S DHHS экспозиция – 2,5 mAs (70kVp), УЗИ-диагностику (аппарат MINDRAY RESONA 7) с частотой 2,7/5,4 МГц.

Подсчет лейкоцитарной формулы проводили при помощи микроскопирования окрашенного мазка периферической крови. Количество эритроцитов и лейкоцитов подсчитывали в камере Горяева. Исследования сыворотки крови собак выполнялись с использованием автоматического биохимического анализатора. Полученные данные клинических анализов крови и биохимических показателей больных дирофиляриозом собак сравнивали с референсными значениями, представленными лабораторией Vet Union.

Обсуждение результатов. Всего за 2021 г. в ветеринарной клинике диагностировано восемь случаев инвазии *Dirofilaria immitis* у собак от трёх до девяти лет.

Различные клинические проявления заболевания животных позволяют условно разделить их на группы по степени тяжести патологического процесса. Первая – латентная, вторая – легкая степень (обнаружение микрофилярий в крови,

Таблица 1 – Клинические показатели крови собак, инвазированных *Dirofilaria immitis*, (n=8)

Гематологические показатели	Стадии заболевания								Референсные значения
	II	IV	IV	III	II	III	IV	IV	
Гемоглобин (HGB), г/л	172,0	123,0	113,0	121,0	127,0	118,0	134,0	120,0	120-180
Эритроциты (RBC), млн./мкл	7,1	4,5	4,9	5,8	4,2	5,6	6,2	5,0	5,6-8,0
Гематокрит (Ht), %	50,0	36,0	34,0	41,0	31,0	36,0	51,0	38,0	37-55
Тромбоциты (PLT), тыс./мкл	720	145	211	613	564	468	147	165	190-550
Лейкоциты (WBC), тыс./мкл	24,3	30,1	21,0	18,4	19,8	17,5	20,0	18,5	6,0-16
СОЭ, мм/ч	40	46	40	32	41	38	40	31	0-22
Миелоциты, %	0	1	1	0	0	0	1	0	0
Палочкоядерные нейтрофилы, %	2	2	6	0	1	3	4	1	0-3
Сегментоядерные нейтрофилы, %	68	35	50	61	63	52	58	61	60-70
Лимфоциты, %	12	42	29	26	21	31	19	21	12-30
Моноциты, %	6	6	7	4	4	5	7	4	1-7
Эозинофилы, %	12	14	7	9	11	9	11	13	0-5
Базофилы, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0-1

Таблица 2 – Биохимические показатели сыворотки крови собак, инвазированных *Dirofilaria immitis*, (n=8)

Гематологические показатели	Стадии заболевания								Референсные значения
	II	IV	IV	III	II	III	IV	IV	
Глюкоза, ммоль/л	5,1	5,5	3,0	3,3	3,9	6,0	5,2	5,8	4,3-7,3
Общий белок, г/л	70,0	46,0	47,0	51,0	47,0	71,0	67,0	58,0	40,0-73,0
Альбумин, г/л	26,0	23,0	23,0	22,0	28,0	26,0	32,0	25,0	22,0-39,0
Мочевина, ммоль/л	11,2	18,0	23,3	9,2	9,7	10,4	16,5	17,0	3,5-9,2
Креатинин, ммоль/л	89,0	142,0	268,0	121,0	98,0	129,0	134,0	122,0	26,0-120,0
Мочевая кислота, ммоль/л	50	52	47	63	61	56	71	64	9-100
Холестерин, ммоль/л	2,0	4,0	3,1	3,1	3,1	5,4	3,8	5,0	2,9-6,5
Билирубин, ммоль/л	14,3-3,2	18,0	26,3-7,1	15,2	12,0	15,8	20,0	14,7	3,0-13,5
АЛТ, ед./л	53	57	87	61	46	56	72	64	9-52
АСТ, ед./л	39	48	48	49	62	42	53	49	11-42
Щелочная фосфатаза, ед./л	187	263	213	174	201	173	202	188	18-70
Амилаза, ед./л	568	1 273	1 483	1 026	1 755	1 763	1 803	1 790	685-2 155
СРБ, мкмоль/л	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Кальций, мкмоль/л	2,4	2,4	2,9	2,5	2,5	2,2	2,6	3,0	2,3-3,3
Фосфор, мкмоль/л	2,9	3,1	2,3	1,9	2,1	1,6	2,1	2,5	1,13-3,00
Калий, мкмоль/л	4,0	4,5	3,1	4,6	4,0	4,0	3,9	4,8	3,8-5,6
Натрий, мкмоль/л	150,0	157,0	145,0	156,0	150,0	152,0	160,0	148,0	138,0-164,0
Магний, мкмоль/л	1,1	1,1	1,2	1,0	1,1	1,1	1,4	1,2	0,8-1,4

Примечание: СРБ: – отрицательный; + положительный.

утомляемость), третья – средняя степень (поражение лёгких, почечная недостаточность), четвертая – тяжёлая степень (поражение сердца, почек, легких, синдром поллой вены). Двум собакам диагностирована вторая стадия, двум – третья и четвертая – четвертая.

У всех больных собак выявлены превышения нормы показателей по эозинофилам, что является характерным изменением лейкоцитарной формулы при гельминтозах. Повышение уровня СОЭ и лейкоцитоз показали наличие воспалительного процесса в организме. Снижение количества гемоглобина, эритроцитов и, соответственно, понижение показателя гематокрита говорят о патологическом влиянии микрофилярий на эритроциты. Особенно характерны такие изменения показателей для собак с третьей и четвертой стадией заболевания.

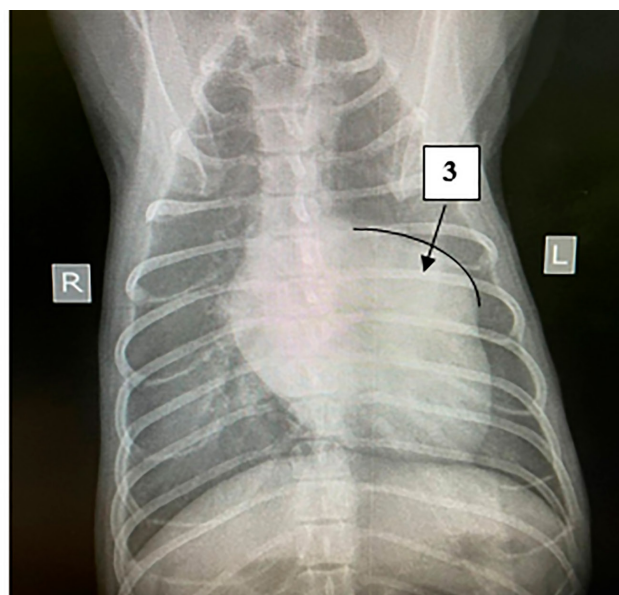
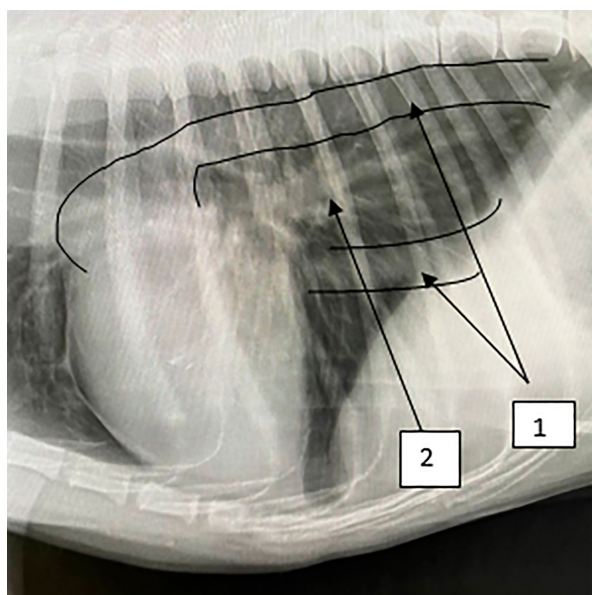
Количество лимфоцитов, базофилов и моноцитов у всех животных находилось в пределах референсных значений. У собак с четвертой стадией заболевания регистрировали сдвиг лейкоцитарной формулы влево за счет уменьшения количества сегментоядерных нейтрофилов и увеличения их палочкоядерных и незрелых форм. Тромбоцитоз наблюдался у трёх собак с лёгкой и средней формой заболевания, а

тромбоцитопения у собак с тяжёлой стадией (табл. 1).

Анализ биохимических показателей сыворотки крови у всех собак не выявил изменения уровня общего белка и альбумина. Показатели глюкозы, холестерина, амилазы также находились в пределах стандартных интервалов. У собак с четвертой и третьей стадией диروفилариоза в патологический процесс были вовлечены почки, что подтверждалось повышением уровня креатинина. Показатели ферментативной активности АЛТ, АСТ, щелочной фосфатазы и билирубина были выше нормы, что свидетельствовало о патологических процессах в печени и миокарде. Электролитный баланс крови у всех собак был в пределах нормы (табл. 2).

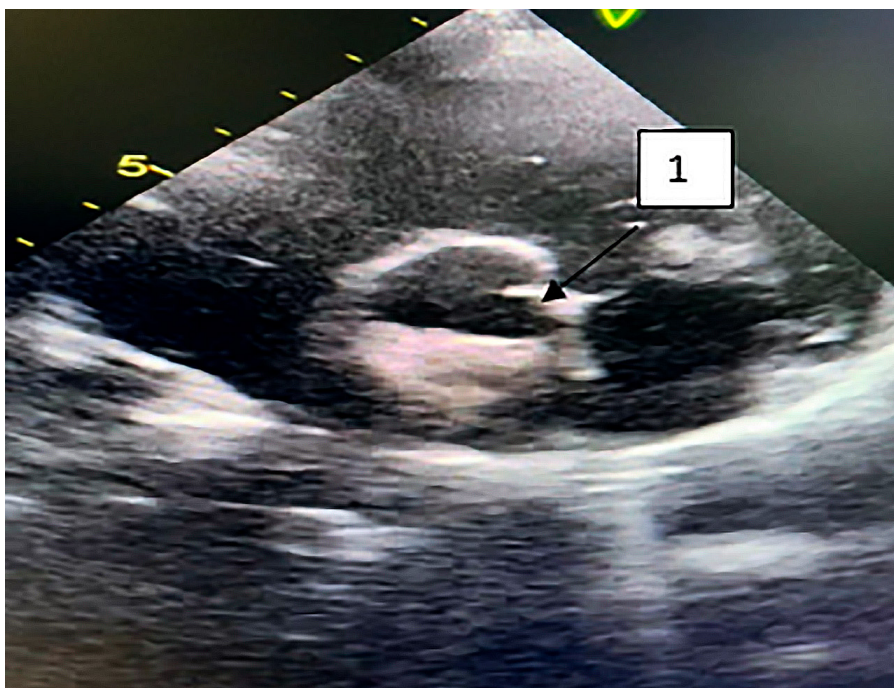
На рентгеновских снимках у животных отмечены классические признаки [1] при инвазии *Dirofilaria immitis*, обозначенные на рисунке 1 цифрами 1–3.

При эхокардиографии у животных с четвертой стадией заболевания отмечали дилатацию правых отделов сердца, расширение фиброзного кольца трикуспедального, пульмонального клапанов, регургитацию трансмитрального потока третьей степени.



1 – расширение крупных сосудов; 2 – легочная гипертензия тяжелой степени;
3 – выпячивание главной лёгочной артерии

Рисунок 1 – Рентгеновские снимки органов грудной собаки, инвазированной *Dirofilaria immitis*



1 – диросифилии в полости правого предсердия

Рисунок 2 – Взрослая особь, инвазированная *Dirofilaria immitis*

В полости правого предсердия локализовались гиперэхогенные объекты вариативной формы (диросифилии) (рис. 2). Также течение болезни сопровождалось гипертрофией миокарда левого желудочка смешанного типа и нарушением диастолической функции левого желудочка по типу нарушения релаксации.

Заключение. Установлены незначительные изменения гематологических показателей у животных с субклиническим течением сердечного диросифилиоза.

Отмечено усиление признаков патологических изменений органов и тканей, что выражается в значительных изменениях биохимических показателей сыворотки крови больных собак и лейкограммы с развитием заболевания.

Таким образом, рутинные исследования крови при зараженности собак *Dirofilaria immitis* рекомендованы в качестве дополнительного метода диагностики при оценке тяжести заболевания и выбора метода лечения.

Список источников

1. Чернов В. Н. Текущее руководство по диагностике, профилактике и лечению диросифилиоза у собак // Диросифилиоз. URL: <https://dirovet.info/vet-dog> (дата обращения: 02.10.2021) (in Russ.).
2. Lok J. B. *Dirofilaria* sp.: Taxonomy and distribution. In: *Dirofilariasis* / Eds. P. F. L. Boreham, R. B. Atwell. CRC Press, Boca Raton, 1998. P. 1–28.

References

1. Chernov V. N. *Tekushchee rukovodstvo po diagnostike, profilaktike i lecheniyu dirosifilyarioza u sobak* [Current Guidelines for the Diagnosis, Prevention and Treatment of *Dirofilariasis* in Dogs]. Retrieved from <https://dirovet.info/vet-dog> (Accessed 02 October 2021) (in Russ.).
2. Lok J. B. *Dirofilaria* sp.: Taxonomy and distribution. In: Boreham P. F. L., Atwell R. B. (Eds.). *Dirofilariasis*, CRC Press, Boca Raton, 1998, P. 1–28.

© Алымова Т. М., Груздова О. В., Корнилова А. В., Демкина О. В., 2021

Статья поступила в редакцию 15.10.2021; одобрена после рецензирования 19.11.2021; принята к публикации 30.11.2021.

The article was submitted 15.10.2021; approved after reviewing 19.11.2021; accepted for publication 30.11.2021.

Информация об авторах

Алымова Татьяна Михайловна, ветеринарный врач ветеринарной клиники «Бетховен»; соискатель кафедры патологии, морфологии и физиологии Дальневосточный государственный аграрный университет, T.alymova2015@yandex.ru;

Груздова Олеся Валерьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры патологии, морфологии и физиологии, Дальневосточный государственный аграрный университет, gruzdova76@mail.ru;

Корнилова Алена Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры патологии, морфологии и физиологии, Дальневосточный государственный аграрный университет, kornilovaalena81@yandex.ru;

Демкина Ольга Владимировна, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры патологии, морфологии и физиологии, Дальневосточный государственный аграрный университет, demkina-olsen@mail.ru

Information about authors

Tatiana M. Alymova, Veterinarian of the Veterinary clinic “Beethoven”; Degree-Seeking Student, Far Eastern State Agrarian University, T.alymova2015@yandex.ru;

Olesya V. Gruzdova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology, Far Eastern State Agrarian University; gruzdona76@mail.ru;

Alyona V. Kornilova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology, Far Eastern State Agrarian University, kornilovaalena81@yandex.ru;

Olga V. Demkina, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology, Far Eastern State Agrarian University, demkina-olsen@mail.ru

УДК 619:616.3:636.087

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-78-86

Влияние бифидогенных добавок к кормам на размеры Пейеровых бляшек в кишечнике кроликов

Евгения Васильевна Виноградова¹, Михаил Константинович Чугреев²,
Наталья Ивановна Кульмакова³, Мария Михайловна Борисова⁴

^{1, 2, 3, 4} Российский государственный аграрный университет – Московская
сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

² chugreev_mk@mail.ru

Аннотация. Особенностью иммунной системы желудочно-кишечного тракта является то, что она находится в контакте с большим количеством микробного и аллергического материала. Лимфоидная ткань кишечника служит первым барьером на пути проникновения опасных агентов в организм. Главные компоненты иммунной системы кишечника – Пейеровы бляшки, представляющие собой агрегатированные лимфоидные фолликулы, покрытые эпителием. В проведенном эксперименте на кроликах калифорнийской породы (60 самцов в возрасте 45 суток) изучено влияние бифидогенных кормовых добавок – концентрата лактулозы «Лактусан» и «Лактулозы с глицином» на количество и размеры Пейеровых бляшек в тонком кишечнике кроликов. Контрольная группа и две опытные группы (по 20 голов в каждой) формировались методом пар-аналогов. Применялся сухой тип кормления с использованием полнорационного гранулированного комбикорма КК-92. Базовым значением нормы введения лактулозы в рацион кроликов для серии запланированных экспериментов было принято 0,06 грамм на килограмм живой массы кролика в сутки. Для изучения Пейеровых бляшек отделялся тонкий кишечник, который затем разрезался вдоль по брыжейке и промывался. Подсчитывалось количество отчетливо сформированных бляшек, видимых невооруженным глазом, и производились их промеры штангенциркулем. Затем рассчитывались их площади. Полученные данные подтверждают выводы некоторых исследователей о том, что Пейеровы бляшки закладываются только в раннем эмбриональном периоде. Позднее возникновение новых бляшек не происходит. Применение кормовых бифидогенных добавок в виде концентрата лактулозы «Лактусан» и «Лактулозы с глицином» в рационе не увеличивает количество Пейеровых бляшек в тонком кишечнике молодняка кроликов калифорнийской породы, но возрастают их размеры и повышается изменчивость значений показателя площади Пейеровых бляшек.

Ключевые слова: кролики, Пейеровы бляшки, лимфоидная система, лактулоза, глицин

Для цитирования: Виноградова Е. В., Чугреев М. К., Кульмакова Н. И., Борисова М. М. Влияние бифидогенных добавок к кормам на размеры Пейеровых бляшек в кишечнике кроликов // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 78–86. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-78-86.

The effect of bifidogenic feed additives on the size of Peyer's plaques in the intestines of rabbits

Evgeniya V. Vinogradova¹, Mihail K. Chugreev²,
Nataliya I. Kul'makova³, Maria M. Borisova⁴

^{1, 2, 3, 4} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russia

² chugreev_mk@mail.ru

Abstract. The peculiarity of the immune system of the gastrointestinal tract is that it is in contact with a large amount of microbial and allergic material. The lymphoid tissue of the in-

testine serves as the first barrier to the penetration of dangerous agents into the body. The main components of the intestinal immune system are Peyer's plaques, which are aggregated lymphoid follicles covered with epithelium. In an experiment conducted on rabbits of the California breed (60 males aged 45 days), the effect of bifidogenic feed additives Lactulose Concentrate "Lactusan" and "Lactulose with glycine" on the number and size of Peyer plaques in the small intestine of rabbits was studied. The control group and two experimental groups (of 20 heads each) were formed by the method of analog pairs. The dry type of feeding was used using full-grain granular compound feed KK-92. The basic value of the norm for the introduction of lactulose into the rabbit diet for a series of planned experiments was 0.06 g/kg of live weight of a rabbit per day. To study Peyer's plaques, the small intestine was separated, cut along the bryzzheika and washed. The number of clearly formed plaques visible to the naked eye was calculated and their measurements were made with a caliper. Then their areas were calculated. The data obtained confirm the conclusions of some researchers that Peyer's plaques are laid only in the early embryonic period, then the appearance of new plaques does not occur. The use of feed bifidogenic additives Lactulose concentrate "Lactusan" and "Lactulose with glycine" in the diet does not increase the number of Peyer plaques in the small intestine of young rabbits of the California breed, but increases their size and increases the variability of the values of the area of Peyer plaques.

Keywords: rabbits, Peyer's plaques, lymphoid system, lactulose, glycine

For citation: Vinogradova E. V., Chugreev M. K., Kul'makova N. I., Borisova M. M. The effect of bifidogenic feed additives on the size of Peyer's plaques in the intestines of rabbits. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 78–86. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-78-86.

Введение. Эпителий слизистой оболочки кишечного тракта постоянно подвергается антигенной атаке. В стенке кишки находится лимфоидная система, которая ассоциирована со слизистой и обуславливает иммунный ответ на воздействие патогенных вирусов и бактерий. [20]. Главные компоненты иммунной системы кишечника – Пейеровы бляшки, представляющие собой агрегатированные лимфоидные фолликулы, покрытые эпителием [18].

Пейеровы бляшки в тонкой кишке кролика характеризуются большим трансэпителиальным сопротивлением [17].

Закладка лимфоидных образований происходит под эпителием соответствующих отделов пищеварительного тракта в виде сгущения, уплотнения мезенхимы, из которой затем дифференцируется ретикулярная ткань. Сюда вселяются клетки лимфоидного ряда и их предшественники. О. Carlens (1928) утверждает, что бляшки закладываются только в раннем эмбриональном периоде, затем возникновения новых бляшек не отмечается.

У крысят зачатки лимфоидных бляшек наблюдаются с 18-ти суток внутриутробного развития [21].

У плода человека компоненты иммунной системы в слизистых оболочках желудочно-кишечного тракта оформляются к 20-й неделе внутриутробного развития [19]. В этом возрасте они располагаются в основном в стенке тощей и подвздошной кишок. У 5–6-месячных плодов человека лимфоидные бляшки обнаруживаются на всем протяжении тонкой кишки [1, 7, 14].

Надо полагать, что количество Пейеровых бляшек не должно увеличиваться (изменяться) в постнатальном онтогенезе (в ходе постэмбрионального развития организма), а их размеры могут варьировать под воздействием определенных факторов и отличаться у разных животных и у групп животных.

Это утверждают некоторые исследователи. Так, Е. А. Перфилова отмечает, что на состояние и объем лимфоидной ткани стенки кишечника в ходе онтогенеза могут оказывать влияние различные факторы. Например, под воздействием Т-активина у крыс происходит резкое увеличение количества Т-лимфоцитов и иммунобластов, ускоряется развитие лимфатических узлов; под воздействием Дерината – в лимфоидной ткани стенки кишечника повышается доля плазмобластов [5].

Ряд исследователей также сообщают о том, что состояние лимфоидной системы кишечника зависит от функционального состояния организма, которое изменяется в онтогенезе [2, 3, 4, 6, 9, 13, 15].

У разных авторов расходятся данные о количестве и размерах лимфоидных бляшек. Безусловно, при различного рода подсчетах имеет значение индивидуальная вариабельность числа и размеров исследуемых объектов. Эта вариабельность для лимфоидных бляшек очень велика.

Целью исследования является изучение влияния бифидогенных добавок к кормам (лактолозы «Лактусан» и «Лактулозы с глицином») на размеры Пейеровых бляшек в кишечнике кроликов калифорнийской породы.

Материал и методы исследований. Экспериментальные исследования проводили в соответствии с принципами биоэтики, правилами лабораторной диагностики (GLP), этическими нормами, изложенными в «Международных рекомендациях по проведению медико-биологических исследований с использованием животных» (1985 г.) и в соответствии с приказом Министерства здравоохранения РФ 16.06.2008 г. № 267 «Об утверждении правил лабораторной практики».

В эксперименте участвовали 60 самцов кроликов калифорнийской породы в возрасте 45 суток. Контрольная и две опытные группы (по 20 голов в каждой) формировались методом пар-аналогов. Применялся сухой тип кормления с использованием полнорационного гранулированного комбикорма КК-92.

Концентрат лактулозы «Лактусан» (ТУ 9229–004–53757476–09) [11] добавляли в питьевую воду животным **опытной группы № 1** – из расчёта 0,06 грамм на килограмм живой массы действующего вещества – лактулозы в сутки.

Кормовую добавку «Лактулоза с глицином» (ТУ 9146–030–57770545–21) [12] добавляли в питьевую воду животным **опытной группы № 2** – из расчёта 0,06 грамм на килограмм живой массы действующего вещества – лактулозы в сутки и 0,06 грамм на килограмм живой массы действующего вещества – глицина (кислоты аминокислотной) в сутки.

Животным **контрольной группы** в аналогичном режиме давалась водопроводная вода (ТУ 0131–002–05098305–2004) [10] в стандартных поилках, без ограничений.

Продолжительность эксперимента составила 60 суток. Изучаемые показатели – количество и площадь Пейеровых бляшек.

Для изучения Пейеровых бляшек отделялся тонкий кишечник, который затем разрезался вдоль по брызжейке и промылся. Подсчитывалось количество отчетливо сформированных бляшек, видимых невооруженным глазом, и производились их промеры штангенциркулем.

Затем рассчитывались их площади по формуле овала (1) [16]:

$$S = \pi \cdot a \cdot b \quad (1)$$

где S – площадь эллипса, мм²;
 π – число пи (3,1415),
a – длина большой полуоси, мм;
b – длина малой полуоси, мм.

Полученные результаты были обработаны статистически с использованием программы MS Excel.

Результаты и их обсуждение.

Базовое значение нормы введения лактулозы в рацион кроликов для серии запланированных экспериментов было рассчитано в наших предыдущих исследованиях и принято из расчёта 0,06 грамм на килограмм живой массы кролика в сутки. Оно же было использовано и в настоящем опыте.

Для определения нормы введения аминокислотной кислоты (глицина) в рацион кроликов использовали данные уровня потребления глицина для человека. Величина суточного потребления глицина для взрослых людей составляет 3,5 грамм (адекватный уровень) и 5,6 грамм (верхний допустимый уровень) [9]. Среднее значение этих двух уровней (4,55 грамм) пересчитали на один килограмм средней массы тела человека (примерно 78,7 кг) и получили 0,06 грамм на килограмм массы тела человека в сутки. Это значение приняли за базовое в качестве нормы введения глицина в рацион кроликов.

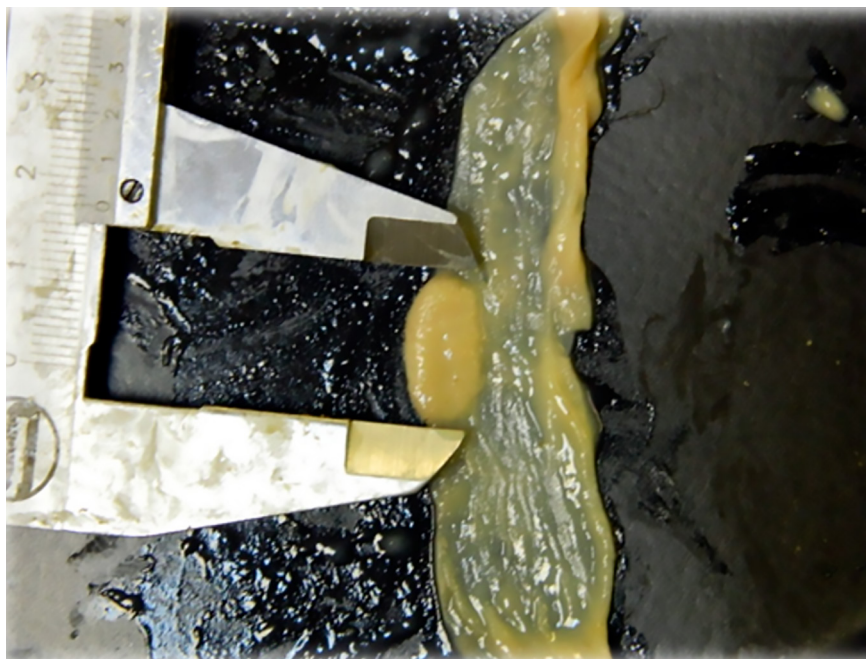


Рисунок 1 – Измерение Пейеровой бляшки

Таблица 1 – Количество и размеры Пейеровых бляшек в кишечнике кроликов самцов калифорнийской породы

Показатели	Контрольная группа (n=20)	Опытная группа № 1 (n=20)	Опытная группа № 2 (n=20)
Общее количество бляшек по группе, шт.	86	88	91
Количество бляшек в среднем на одного кролика, шт.	4,3	4,4	4,6
Общая площадь бляшек по группе, кв. мм	5 540,0	6 763,0	7 015,0

Из данных таблицы 1 видно, что общее количество Пейеровых бляшек в кишечниках кроликов первой опытной группы составило 88 шт., второй опытной группы – 91 шт. В контрольной группе этот показатель составил 86 шт. Достоверной разности по показателю не установлено.

Что касается среднего количества бляшек на одного кролика, по группам получены следующие результаты: по первой опытной группе – 4,4 шт., по второй опытной группе – 4,6 шт., по контрольной группе – 4,3 шт., то есть значимых различий не наблюдалось.

Полученные данные подтверждают выводы некоторых исследователей о том, что Пейеровы бляшки закладываются

только в раннем эмбриональном периоде, а после этого возникновения новых бляшек не происходит.

Внутри групп количество бляшек у разных особей различно. Соотношение числа особей с количеством бляшек во всех трех группах не обнаруживает принципиально существенных различий и критических отклонений.

Из данных таблицы 2 видно, что в контрольной группе у трёх особей выявлено по семь бляшек, у одной особи – шесть бляшек, у двух особей – по пять бляшек, у семи особей – по четыре бляшки и у семи особей – по три бляшки. В первой опытной группе у двух особей выявлено по семь бляшек, у двух особей – по шесть бляшек, у пяти особей – по пять бляшек,

Таблица 2 – Распределение кроликов по количеству Пейеровых бляшек

Количество кроликов по группам, шт.	Количество бляшек, шт.						
	1	2	3	4	5	6	7
Контрольная группа	–	–	7	7	2	1	3
Опытная группа № 1	–	–	3	8	5	2	2
Опытная группа № 2	–	–	5	7	3	2	3

Таблица 3 – Площадь Пейеровых бляшек в кишечниках кроликов, (n=20)

Лимиты значений площади, кв. мм	Среднее значение площади, кв. мм	Среднеквадратическое отклонение, кв. мм	Коэффициент вариации, %	Критерий достоверности	Уровень значимости
Контрольная группа					
163,0–420,0	277,0±14,83	64,62	23,33	–	–
Опытная группа № 1					
214,0–558,0	338,2±24,35	106,16	31,39	2,14	0,05
Опытная группа № 2					
222,0–551,0	350,8±23,43	102,12	29,11	2,66	0,02
Примечания – 1 Разность между опытной группой № 1 и контрольной группой статистически достоверна при уровне значимости 0,05, между опытной группой № 2 и контрольной группой – при уровне значимости 0,02. 2 Среднеквадратическое отклонение дано для выборки (n=20), а не для генеральной совокупности.					

у восьми особей – по четыре бляшки и у трёх особей – по три бляшки. Во второй опытной группе у трёх особей выявлено по семь бляшек, у двух особей – по шесть бляшек, у трёх особей – по пять бляшек, у семи особей – по четыре бляшки и у пяти особей – по три бляшки.

Существенная разница обнаружена в размерах бляшек между отдельными особями кроликов и между группами (табл. 3).

Среднее значение площади Пейеровых бляшек в кишечниках по опытной группе № 1 составило 338,2 кв. мм, это на 61,2 кв. мм (18,1 %) больше, чем в контрольной группе. По опытной группе № 2 среднее значение составило 350,8 кв. мм (на 73,8 кв. мм или на 21,0 % больше, чем в контроле и на 12,6 кв. мм или на 3,6 % больше, чем в опытной группе № 1).

Лимиты значений площади Пейеровых бляшек в кишечниках кроликов опытной группы № 1 составили от 214,0 до 558,0 кв. мм, опытной группы № 2 – от 222,0 до 551,0 кв. мм, контрольной группы – от 163,0 до 420,0 кв. мм.

Среднеквадратическое отклонение показано для данной конкретной выборки (n=20), а не для генеральной совокупности. Значение этого показателя по опытной группе № 1 составило 106,16, по опыт-

ной группе № 2 – 102,12, по контрольной группе – 64,62.

Это говорит о том, что во всех опытных группах был больший разброс абсолютных значений показателя площади Пейеровых бляшек от среднеарифметического, чем в контроле. То есть, в контрольной группе в данной выборке (n=20) значения этого показателя более сгруппированы вокруг среднего значения, чем в опытных группах.

Коэффициент вариации значений показателя площади Пейеровых бляшек по опытным группам № 1 и № 2 составил соответственно 31,39 % и 29,11 %, по контрольной группе – 23,33 %. Это говорит о том, что во всех трёх группах относительную изменчивость вариационного ряда показателя можно охарактеризовать как значительную. Причем самая низкая относительная изменчивость отмечена в контроле. То есть, в обеих опытных группах наблюдалась меньшая выравненность исследуемых значений и больший их разброс относительно среднеарифметического по сравнению с контролем. Другими словами, степень изменчивости этого показателя по отношению к среднему значению выборки в опытных группах была выше, чем в контрольной.

Критерий достоверности разности составил по опытной группе № 1 – 2,14, по опытной группе № 2 – 2,66. Таким образом, разность между первой опытной группой и контрольной группой статистически достоверна при уровне значимости $p=0,05$, между второй опытной группой и контрольной группой – разность достоверна при уровне значимости $p=0,02$.

Заключение. Таким образом, из результатов, полученных в ходе настоящего эксперимента, можно сделать следующие выводы:

1. Применение кормовых бифидогенных добавок Концентрат лактулозы «Лактусан» и «Лактулозы с глицином» в рационе не увеличивает количество Пейеровых бляшек в тонком кишечнике молодняка кроликов калифорнийской породы. Общее количество Пейеровых бляшек в кишечниках кроликов первой и второй опытных групп составило 88 и 91 шт. соответственно, в контрольной группе оно было равно 86 шт. Достоверной разности по этому показателю не установлено. Данные косвенно подтверждают выводы некоторых исследователей о том, что Пейеровы бляшки закладываются только в раннем эмбриональном периоде, в поздний период возникновения новых бляшек не происходит.

2. Внутри групп количество Пейеровых бляшек у разных особей различно. Соотношение числа особей с количеством бляшек во всех трех группах не обнаруживает принципиально существенных различий и каких-то критических отклонений.

3. Применение кормовых бифидогенных добавок концентрат лактулозы «Лактусан» и «Лактулозы с глицином» в рационе увеличивает размеры Пейеровых бляшек в тонком кишечнике молодняка

кроликов калифорнийской породы. Существенная разница обнаружена в размерах бляшек между отдельными особями и между группами. Среднее значение площади Пейеровых бляшек в кишечниках кроликов первой опытной группы составило 338,2 кв. мм (на 61,2 кв. мм или на 18,1 % больше, чем в контроле; разность статистически достоверна при уровне значимости $p=0,05$). По второй опытной группе среднее значение площади бляшек достигло 350,8 кв. мм (на 73,8 кв. мм или на 21,0 % больше, чем в контроле; разность статистически достоверна при уровне значимости $p=0,02$) и на 12,6 кв. мм (на 3,6 % больше, чем в опытной группе № 1).

4. Использование кормовых бифидогенных добавок Концентрат лактулозы «Лактусан» и «Лактулозы с глицином» в рационе увеличивает изменчивость показателя площади Пейеровых бляшек в тонком кишечнике молодняка кроликов калифорнийской породы. Среднеквадратическое отклонение для данной выборки ($n=20$) по опытной группе № 1 составило 106,16, по опытной группе № 2 – 102,12, по контрольной группе – 64,62. В контрольной группе значения этого показателя более сгруппированы вокруг среднего значения, чем в опытных группах. Коэффициент вариации по опытной группе № 1 составил 31,39 %, по опытной группе № 2 – 29,11 %, по контрольной группе – 23,33 %. Это говорит о том, что во всех трёх группах относительную изменчивость вариационного ряда этого показателя можно охарактеризовать как значительную. Причем самая низкая относительная изменчивость отмечается в контроле, то есть степень изменчивости этого показателя по отношению к среднему значению выборки в опытных группах была выше, чем в контрольной.

Список источников

1. Батуев К. М. К вопросу возрастной морфологии Пейеровых бляшек тонкой кишки человека // Труды Пермского мединститута. 1968. Т. 71. Вып. 3. С.30–38.
2. Панфилов А. Б. Особенности морфологии и клеточного состава кишечного лимфоидной ткани у красной камчатской лисы // Российские морфологические ведомости. 2000. № 1–2. С. 59–69.
3. Панфилов А. Б. Синтопия лимфоидной ткани кишечника у рыси // Морфологические ведомости. 2004. № 1–2. С. 78.
4. Панфилов А. Б., Бяков И. А. Синтопия лимфоидной ткани пищеварительного канала у домашней кошки // Морфологические ведомости. 2004. № 1–2. С. 25–27.

5. Перфилова Е. А. Влияние иммуномодуляторов на морфогенез лимфоидной ткани кишечника у лабораторных животных : автореф. дис. канд. биол. наук. Саранск, 2008. 18 с.
6. Петров Р. В. Иммунология : учебник. М. : Медицина, 1987. 416 с.
7. Пономарева В. Д. Некоторые возрастные изменения строения тонкой кишки человека // Проблемы морфологии. 1958. Т. 32. С. 66–76.
8. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ : методические рекомендации. М : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2004. 14 с.
9. Сапин М. Р. Иммунные структуры пищеварительной системы. М : Медицина, 1987. 224 с.
10. ТУ 0131–002–05098305–2004. Вода водопроводная // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/471854910> (дата обращения: 10.08.2021).
11. ТУ 9229–004–53757476–2009. Концентрат лактулозы «Лактусан» // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/415930995> (дата обращения: 12.08.2021).
12. ТУ 9146–030–57770545–2021. Кормовая добавка «Лактулоза с глицином» // Техэксперт. URL: <https://docs.cntd.ru/document/415930979> (дата обращения: 14.08.2021).
13. Хаитов Р. М., Пинегин Б. В. Иммунная система и заболевания желудочно-кишечного тракта // Вестник Российской академии медицинских наук. 1997. № 11. С. 13–17.
14. Хилкова И. Н. Развитие обобщенных лимфатических фолликулов плода человека // Проблемы функциональной анатомии. 1964. Т. 3. С. 25–39.
15. Хлыстова З. С. Становление системы иммуногенеза плода человека. М : Медицина, 1987. 254 с.
16. Цикунов А. Е. Сборник формул по математике. СПб : Питер, 2001. 160 с.
17. Brayden D. J., Baird A. W. A distinctive electrophysiological 112 signature from the Peyer's patches of rabbit intestine // British Journal of Pharmacology. 1994. Vol. 113. P. 593–599.
18. Jung C., Hugot J.-P., Barreau F. Peyer's Patches: The Immune Sensors of the Intestine // International Journal of Inflammation. 2010. Vol. 12. P. 1–12.
19. MacDonald T. S., Spenser J. Ontogeny of the mucosal immune response // Springer-Seminars of Immunopathology. 1990. Vol. 12. № 2–3. P. 129–137.
20. Mowat A. M. Anatomical basis of tolerance and immunity to intestinal antigens // Nature Reviews Immunology. 2003. Vol. 3. P. 331–341.
21. Sainte-Marie G., Peng F. S., Pelletier M. Development of the lymph nodes in the very young, and their evolution in the mature, nude rat // Developmental and Comparative Immunology. 1984. Vol. 8. P. 695–710.

Reference

1. Batuev K. M. K voprosu vozrastnoj morfologii Pejerovyh blyashek tonkoj kishki cheloveka [On the question of the age morphology of Peyer's plaques of the human small intestine]. *Trudy Permskogo medicinskogo instituta. – Proceedings of the Perm Medical Institute*, 1968; 3 (71): 30–38 (in Russ.).
2. Panfilov A. B. Osobennosti morfologii i kletchnogo sostava kishhechno-associirovannoj limfoidnoj tkani u krasnoj kamchatskoj lisy [Features of morphology and cellular composition of intestinal-associated lymphoid tissue in the red Kamchatka fox]. *Rossijskie morfologicheskie vedomosti. – Russian Morphological bulletin*, 2000; 1–2: 59–69 (in Russ.).
3. Panfilov A. B. Sintopiya limfoidnoj tkani kishhechnika u rysy [Syntopia of intestinal lymphoid tissue in lynx]. *Morfologicheskie vedomosti. – Morphological bulletin*, 2004; 1–2: 78 (in Russ.).

4. Panfilov A. B., Byakov I. A. Sintopiya limfoidnoj tkani pishchevaritel'nogo kanala u domashnej koshki [Syntopia of the lymphoid tissue of the digestive canal in a domestic cat]. *Morfologicheskie vedomosti. – Morphological bulletin*, 2004; 1–2: 25–27 (in Russ.).
5. Perfilova E. A. Vliyanie immunomodulyatorov na morfogenez limfoidnoj tkani kishechnika u laboratornyh zhivotnyh [Effect of immunomodulators on morphogenesis of intestinal lymphoid tissue in laboratory animals]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Saransk, 2008, 18 p. (in Russ.).
6. Petrov R. V. *Immunologiya [Immunology]*, Moskva, Medicina, 1987, 416 p. (in Russ.).
7. Ponomareva V. D. Nekotorye vozrastnye izmeneniya stroeniya tonkoj kishki cheloveka [Some age-related changes in the structure of the human small intestine]. *Problemy morfologii. – Problems of morphology*, 1958; 32: 66–76 (in Russ.).
8. *Rekomenduemye urovni potrebleniya pishchevyh i biologicheski aktivnyh veshchestv [Recommended levels of consumption of food and biologically active substances]*, Moskva, Federal'nyj centr Gosudarstvennogo sanitarno-epidemiologicheskogo nadzora Ministerstva zdравоохранeniya Rossijskoj Federacii, 2004, 14 p.
9. Sapin M. R. *Immunnye struktury pishchevaritel'noj sistemy [Immune structures of the digestive system]*. Moskva, Medicina, 1987, 224 p. (in Russ.).
10. Voda pit'evaya [Drinking water]. (2004). *TU 2004 docs.cntd.ru* Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/471854910> (Accessed 10 August 2021) (in Russ.).
11. Koncentrat laktulozy «Laktusan» [Lactulose Concentrate «Laktusan»]. (2009). *TU 2009 docs.cntd.ru* Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/415930995> (Accessed 12 August 2021) (in Russ.).
12. Kormovaya dobavka «Laktuloza s glicinom» [Feed additive «Laktuloza s glicinom»]. (2021). *TU 2021 docs.cntd.ru* Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/415930979> (Accessed 14 August 2021) (in Russ.).
13. Haitov P. M., Pinegin B. V. Immunnaya sistema i zabolevaniya zheludochno-kishechnogo trakta [The immune system and diseases of the gastrointestinal tract]. *Vestnik Rossijskoj akademii medicinskih nauk. – Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences*, 1997; 11: 13–17 (in Russ.).
14. Hilkova I. N. Razvitie obobshchennyh limfaticeskikh follikulov ploda cheloveka [Development of generalized human fetal lymphatic follicles]. *Problemy funkcional'noj anatomii. – Problems of functional anatomy*, 1964; 3: 25–39 (in Russ.).
15. Hlystova Z. S. *Stanovlenie sistemy immunogeneza ploda cheloveka [Formation of the human fetal immunogenesis system]*. Moskva, Medicina, 1987, 254 p. (in Russ.).
16. Cikunov A. E. *Sbornik formul po matematike [Collection of formulas in mathematics]*. Sankt-Peterburg, Piter, 2001, 160 p. (in Russ.).
17. Brayden D. J., Baird A. W. A distinctive electrophysiological signature from the Peyer's patches of rabbit intestine. *British Journal of Pharmacology*, 1994; 113: 593–599.
18. Jung C., Hugot J.-P., Barreau F. Peyer's Patches: The Immune Sensors of the Intestine. *International Journal of Inflammation*, 2010; 12: 1–12.
19. MacDonald T. S., Spenser J. Ontogeny of the mucosal immune response. *Springer-Seminars of Immunopathology*, 1990; 2–3 (12): 129–137.
20. Mowat A. M. Anatomical basis of tolerance and immunity to intestinal antigens. *Nature Reviews Immunology*, 2003; 3: 331–341.
21. Sainte-Marie G., Peng F. S., Pelletier M. Development of the lymph nodes in the very young, and their evolution in the mature, nude rat. *Developmental and Comparative Immunology*, 1984; 8: 695–710.

© Виноградова Е. В., Чугреев М. К., Кульмакова Н. И., Борисова М. М., 2021

Статья поступила в редакцию 22.09.2021; одобрена после рецензирования 12.10.2021; принята к публикации 08.11.2021.

The article was submitted 22.09.2021; approved after reviewing 12.10.2021; accepted for publication 08.11.2021.

Информация об авторах

Виноградова Евгения Васильевна, соискатель кафедры зоологии, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева;

Чугреев Михаил Константинович, доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, chugreev_mk@mail.ru;

Кульмакова Наталия Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры ветеринарной медицины, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева;

Борисова Мария Михайловна, соискатель кафедры зоологии, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева

Information about authors

Evgeniya V. Vinogradova, applicant for an academic degree of the Department of Zoology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;

Mihail K. Chugreev, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Zoology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, chugreev_mk@mail.ru;

Nataliya I. Kul'makova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Veterinary medicine, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;

Maria M. Borisova, applicant for an academic degree of the Department of Zoology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

УДК 639.112(470.342)

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-87-102

Ресурсы зайца-беляка в Кировской области и их использование

**Борис Евгеньевич Зарубин¹, Александр Вячеславович Экономов²,
Вячеслав Васильевич Колесников³, Мария Сергеевна Шевнина⁴,
Алексей Анатольевич Сергеев⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, Кировская область, Киров, Россия

^{3, 4} Вятский государственный агротехнологический университет,
Кировская область, Киров, Россия

² aconom86@mail.ru

Аннотация. Заяц-беляк является одним из важнейших охотничьих видов, излюбленным объектом любительской охоты в лесной зоне России. Представлены данные о численности зайца-беляка на территории Кировской области и ее динамики с 1933 по 2020 гг. Выполнена оценка размера добычи и ее результативности, рассмотрены объемы заготовок шкурковой и мясной продукции. Численность беляка находится в стадии снижения и оценивается в 130 тыс. особей, ежегодно добывается более 80 тысяч особей. Если в начале XX века ежегодно заготавливалось до 60 тысяч заячьих шкурок, то к настоящему времени шкурковая продукция добычи беляка потеряла своё значение и не фигурирует в закупках с конца 80-х годов прошлого столетия, что связано со снижением спроса, а также дисбалансом между расходами на добычу и уровнем закупочных цен. Основной продукцией охоты на зайца является мясо, объём производства которого в регионе исследований превышает 155 тонн на сумму свыше 44 миллионов рублей ежегодно. Рассмотрены качественные параметры мясной продукции зайца-беляка, включая биохимический состав и загрязнённость поллютантами. Употребление заячьего мяса, помимо обеспечения организма важнейшей белковой составляющей, способствует профилактике и лечению ряда заболеваний. Показано, что продукция животных, длительное время обитавших на антропогенно загрязнённых территориях, может представлять определенную токсикологическую опасность для потребителей. Это необходимо учитывать при организации и осуществлении охоты.

Ключевые слова: заяц-беляк, численность, добыча, заготовки, продукция, качество

Для цитирования: Зарубин Б. Е., Экономов А. В., Колесников В. В., Шевнина М. С., Сергеев А. А. Ресурсы зайца-беляка в Кировской области и их использование // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 87–102. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-87-102.

The resources of mountain hare in the Kirov region and their use

**Boris E. Zarubin¹, Aleksandr V. Ekonomov², Vyacheslav V. Kolesnikov³,
Mariya S. Shevnina⁴, Aleksey A. Sergeev⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Professor B. M. Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming,
Kirov region, Kirov, Russia

^{3, 4} Vyatka State Agrotechnological University, Kirov region, Kirov, Russia

² aconom86@mail.ru

Abstract. The mountain hare is one of the most important hunting species, a favorite object of amateur hunting in the forest zone of Russia. Data on the mountain hare population in the Kirov region and population dynamics from 1933 to 2020 are presented. An assessment of hunting bag size and its effectiveness was carried out; the volumes of procurement of fur and meat products were considered. The number of the mountain hare is at the stage of decline and is estimated at 130 thousand specimen; more than 80 thousand specimens are hunted annually. At the beginning of the 20th century, up to 60 thousand hare skins were harvested annually. Now fur products of hare hunting have lost their importance and have not been included in purchases since the end of the

1980s. The main product of the hare hunting is meat, the production volume of which in the research region exceeds 155 tons worth over 44 million rubles annually. The qualitative parameters of the meat products of the mountain hare, including the biochemical composition and contamination with pollutants, were considered. Intake of hare meat, in addition to providing the body with the most important protein component, contributes to the prevention and treatment of a number of diseases, but it can also have a certain toxicological hazard for consumers. This must be taken into account when organizing and carrying out hunts.

Keywords: mountain hare, abundance, hunting bag, procurement, production, quality

For citation: Zarubin B. E., Ekonomov A. V., Kolesnikov V. V., Shevnina M. S., Sergeev A. A. The resources of mountain hare in the Kirov region and their use. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik* = *Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 87–102. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-87-102.

Введение. На территории Кировской области обитает два вида зайцев: беляк (*Lepus timidus*) и русак (*Lepus europaeus*). При этом заяц-беляк является одним из самых популярных объектов охоты, занимая третье место по объёму добычи среди всех охотничьих объектов. По нашим оценкам, за осенне-зимний сезон в регионе добывается порядка 81,5 тыс. особей зайцев или 13,59 % годового объема добычи всей мелкой дичи [3].

Сегодня заяц-русак обитает в южных районах Кировской области, хотя в середине прошлого века встречался на севере региона и даже на территории Коми АССР [12, 15]. Изменение ситуации в сельском хозяйстве привело к существенному смещению северной границы ареала вида в южном направлении [18]. В XXI в. численность зайца-русака в Кировской области варьировала в пределах 1,8–3 тыс. особей (по данным Службы «урожая»). Доля этого вида в общем объеме добычи зайцев не превышает 1 %. На долю зайца-беляка приходится 17,35 % сезонной (осенней) добычи мелкой дичи [3]. Больше, чем зайца-беляка, вятские охотники добывают только рябчика (21,05 %) и рябчика (14,58 %). В Кировской области беляк, безусловно, относится к категории наиболее ценных и продуктивных охотничьих ресурсов. По этой причине сведения о количественных и качественных параметрах ресурсов зайца-беляка представляют научный и практический интерес.

Материал и методы исследований.

Сведения о численности и результативности добычи зайцев получены путем анкетного опроса респондентов Службы «урожая». Информация о видовой структуре добычи и её объёмах основывается на результатах обработки анкетного опроса охотников и специалистов охотничьего хозяйства Кировской области в осенне-зимние сезоны 2015–2016 гг. и

2016–2017 гг. [3]. Для определения статистически значимого объема первичной информации о товарных показателях проведён расчет минимальной достоверной выборки по методикам [4, 8]. Для зайца-беляка она составила 36 особей.

Добыча объектов исследования производилась в Зуевском, Бело-Холуницком, Слободском, Юрьянском, Кирово-Чепецком, Малмыжском, Уржумском и Оричевском районах Кировской области. Сбор материала о товарных показателях проводился в осенне-зимние сезоны 2018–2020 гг. Весовые показатели массы тела зайцев получены по 68 особям, а вес мясной тушки по 66 особям.

В период 2000–2021 гг. проводился сбор биоматериала для исследований микроэлементного состава органов и тканей зайца-беляка с целью оценки уровня химической загрязненности мясо-дичной продукции. Материал от 40 особей был собран в период осенне-зимних охот на фоновых участках и в местах, где предполагалось антропогенное воздействие на территории. Пробы тканей хранили при температуре минус 20 °С в химически нейтральной упаковке. В лаборатории образцы, высушенные при температуре 60 °С до постоянного веса, гомогенизировали и озоляли сухим способом в контролируемых условиях. Для микроэлементного анализа образцов применялся метод атомно-абсорбционной спектrophотометрии. Аналитические работы выполнены во Всероссийском научно-исследовательском институте охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова на спектрофотометре «Спектр-5-2».

Оценка размеров добычи зайца-беляка до 1976 г. проводилась по материалам публикаций [13, 20, 21], а в сезон 2015–2016 гг. – по нашим данным [3].

Расчёт средних параметров контролировался по графикам нормальности распределения. Статистическая обработка результатов выполнена стандартными методами [8]. Количество, качество и стоимость шкурок зайца-беляка, поступавших в заготовки, взяты из «Сводок о качестве», представленных в рабочем архиве отдела товароведения Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова.

Результаты исследований

Численность зайца-беляка

Численность – это показатель, характеризующий количество особей данного вида на определённой территории. В распоряжении Службы «урожая» имеются данные о почти девяностолетнем периоде ежегодной численности зайца-беляка в Кировской области (табл. 1) с сезона 1933–1934 гг. по сезон 2019–2020 гг.

На рассматриваемом временном интервале отмечено восемь пиков численности. Интервалы между пиками составляют от 7 до 14 лет. Интервал между наибольшими из них (от 1935–1936 гг. до 2004–2005 гг.) составляет 70 лет.

После первого пика численности (1935–1934 гг.) последовал глубокий спад, который продолжался 13 лет. Следующая вспышка численности отмечена в сезон 1949–1950 гг. Ка-

ждая из пяти последующих вспышек численности была больше предыдущей, и этот рост продолжался до 2004–2005 гг. Как и в первом случае, за максимальной численностью последовал глубокий спад, на преодоление которого потребовалось девять лет.

Средняя многолетняя численность зайца в межпиковых интервалах росла в течение 70 лет, и на последнем интервале вдвое превысила показатель первого (рис. 1). Столбцы на рисунке 1 отражают среднемноголетнюю численность между пиками. При этом данные по численности зайца-беляка за 1937–1939 гг. отсутствуют. В настоящее время численность зайца-беляка в области снижается после пика 2014–2015 гг.

Оценка размера добычи и ее результативности

Легальная охота на зайца-беляка обычно продолжается в течение пяти с половиной месяцев: с середины сентября до первого марта. Зайцев добывают преимущественно отстрелом из-под гончих собак, троплением и загоном. Добыча самоловами (капканами и петлями), а также коллективные охоты с отловом зверьков тенетами активно практиковались вплоть до 1930-х гг. [1], но постепенно сошли на нет уже к середине прошлого века. Сегодня это вообще экзотические способы добывания, и добыча ими ничтожно мала.

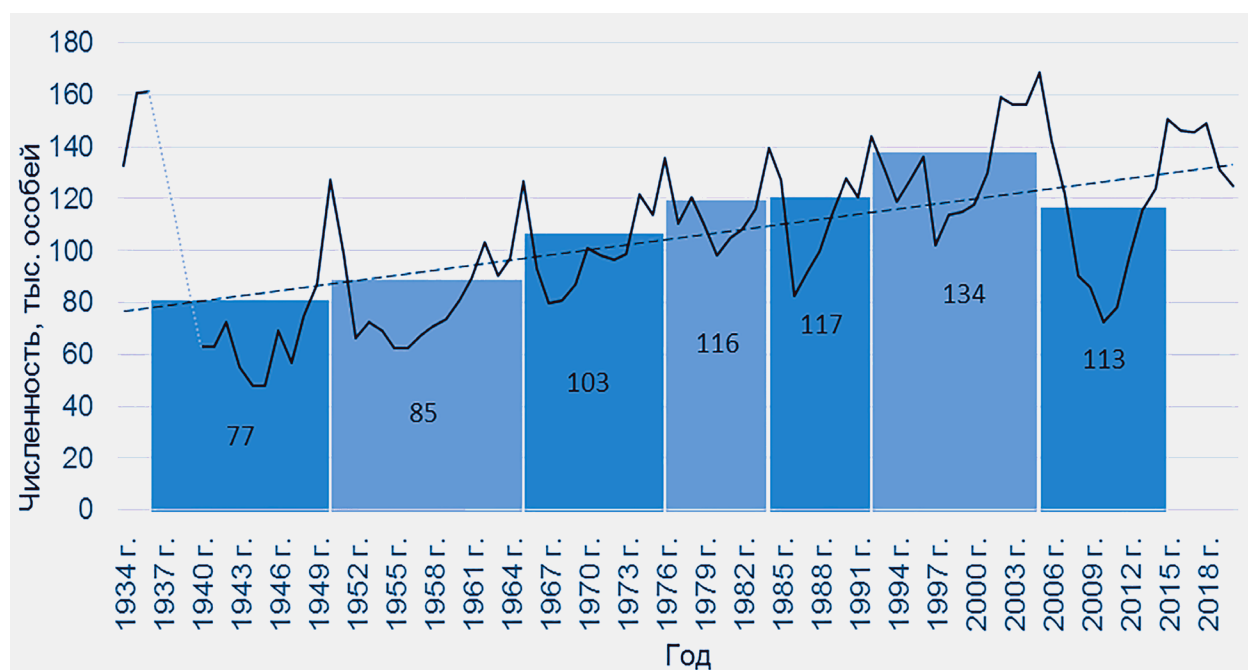


Рисунок 1 – Динамика численности зайца-беляка в Кировской области

Таблица 1 – Соотношение численности и добычи зайца-беляка в Кировской области

Год	Численность, тыс. особей	Добыча		Источник информации
		тыс. голов	доля от численности, %	
1926–1929	нет данных	145,5*	–	Лобачев, 1930
1934	132,7	74,0	55,8	Томилова, 1969
1935	160,9	нет данных	–	
1936	161,5	140,0	86,7	
1937	нет данных	200,0	–	
1939	нет данных	144,0	–	
1940	63,2	45,0	71,2	
1941	62,9	45,0	71,5	
1944	48,0	5,3	11,0	
1950	127,3	50,0	39,3	
1956	62,6	5,6	8,9	
1962	103,3	11,4	11,0	
1963	90,4	14,0	15,5	
1976	135,7	115,6	85,2	Томилова, 1978
2016–2017	145,9	81,0	55,5	Зарубин и др., 2021

* Средний многолетний показатель.

В настоящее время основной продукт добычи зайцев – мясо. Но в отличие от численности вида и размеров закупок шкурок, дичная продуктивность популяций зайца-беляка никогда не оценивалась [5].

Если методики оценки численности животных имеют многолетнюю историю, а учёт заготовок базировался на бухгалтерских документах, то добыча оценивалась субъективно экспертом (исследователем) и зачастую не в абсолютных цифрах, а в относительных (в пропорциях с объёмом заготовок шкурок). Данные оценки были привязаны к различным по площади территориям, так как в прошлом столетии Кировская область не раз меняла свои границы. Некоторые оценки численности и добычи представляются несколько завышенными (табл. 1).

По данным С. В. Лобачёва [13], средний многолетний показатель численности зайца-беляка за 1935–1936 гг. составил 161,7 особи, что лишь на 13 % превышает размер оцененной добычи в 1936 г.

Оценка добычи, данная Т. П. Томиловой за 1936, 1937 и 1939 гг. также вызывает сомнения [21]. Особенно в 1937 г., когда добыча оценена в 200 тыс. особей. Настораживают и данные этого автора по оценке общей добычи зайца-беляка в 1976 г., рассчитанные на сравнительной оценке размеров добычи и

заготовок (промысловой охоты и спортивной). По нашему мнению, изъятие свыше 70 % численности зайца практически неосуществимо, так как в течение сезона численность зайца в очагах обитания сильно сокращается. Кроме того, подобные оценки не учитывают элиминацию зверьков по естественным причинам.

Материалы Службы «урожая» позволяют нам также рассчитать средний размер добычи зайцев на одного охотника за сезон из числа добывавших («добычливость»). Его динамика за 77 лет, как и численность зайца, также имеет восемь пиков, но с интервалами от 3 до 19 лет. Однако, пики «добычливости» за весь временной интервал ни разу не совпали с пиками численности, а всегда приходились на предшествующий или последующий год после вспышки численности (рис. 2).

На больших временных интервалах «добычливость», по нашему мнению, может отражать не только уровень численности зайца, но и количество охотников и популярность охоты на данный вид дичи как отражения социально-экономического состояния охотников во временных интервалах. Общая динамика «добычливости» на современном этапе имеет ярко выраженную тенденцию к снижению.

Продукция добычи зайца

Шкурковая продукция. меховые шкурки зайца-беляка до конца 80-х гг. XX в. исполь-

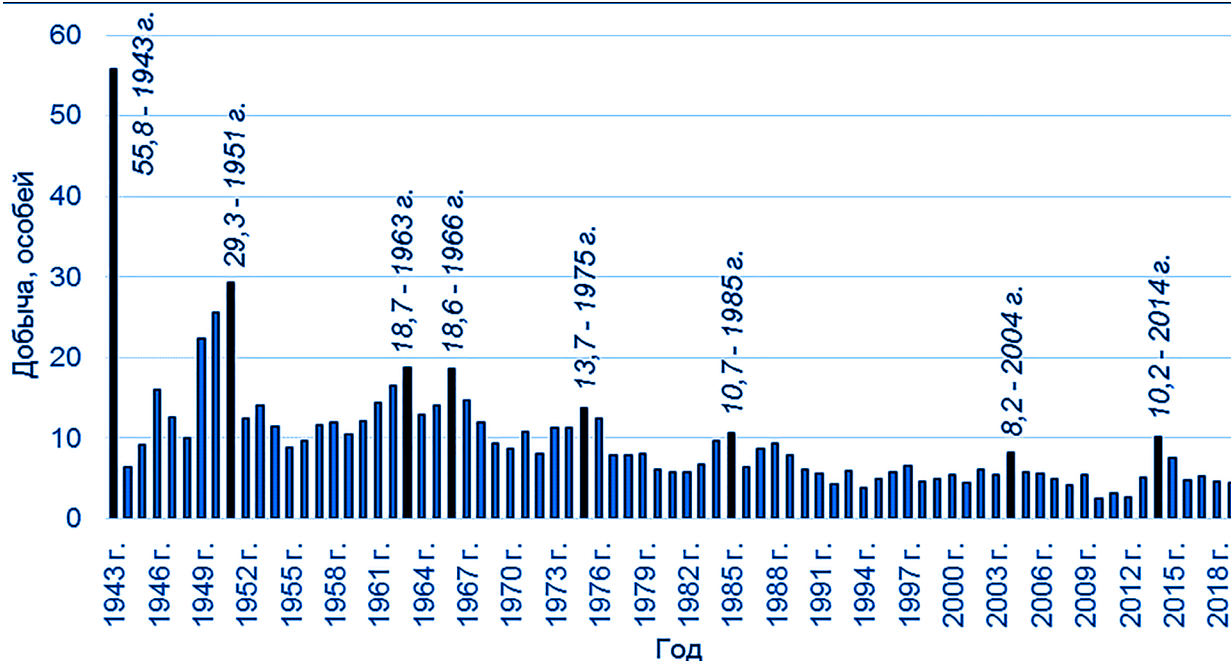


Рисунок 2 – Средняя результативность добычи зайца-беляка в Кировской области на одного охотника в сезон из числа добывавших

зовались для изготовления меховых изделий и выдвигались, как в кустарных, так и в заводских условиях. Несмотря на невысокие товарные свойства этих шкурок, они заготавливались по всей стране, в том числе и в Кировской области. Потребительская кооперация заготавливала это сырьё по государственным стандартам и твёрдым закупочным ценам. В нашем распоряжении имеются сведения об объемах, качестве и ценах на шкурки на последнем отрезке истории их заготовок (34 года) с 1954 г. по 1987 г. (табл. 2).

Размер заготовок шкурок представляет наиболее точную информацию о производстве продукции и части общей добычи, так как при централизованных заготовках существовала бухгалтерская отчётность по расходованию средств на проведение закупок. Общий объём закупок этих шкурок за известный нам период заготовок мог изменяться по годам в 36 раз, но их общая доля никогда не превышала 30 % от общего объёма добычи [20].

К концу 70-х гг. прошлого века, по данным Т. П. Томиловой [22], доля закупок шкурок сократилась ещё больше: «... спортивная добыча зайца-беляка в 12 раз превышает промысловую». Такое соотношение заготовок шкурок и общей добычи закономерно. При продолжительности законной охоты на зайца в течение пяти с половиной месяцев основная добыча зайца приходится на период «чер-

нотропа» и малоснежья, когда его добывают отстрелом из-под собак. Охота по глубокому снегу, когда шкурки достигают состояния первого сорта, более трудоёмка и менее результативна, а её продолжительность не превышает трёх месяцев.

В рассматриваемый период пики заготовок шкурок зайца в двух из четырёх случаях совпадали с пиками численности зверя. Это происходило в 1950 г. и 1984 г. Можно предположить, что высокая численность зайца увеличивает успешность охоты во второй половине зимы, когда ведётся основная добыча шкурковой продукции.

Качественные показатели шкурок (зачёт по качеству) – сортность и дефектность никогда не превышали в Кировской области 68,6 % от максимальной стоимости («головки»), а с середины 70-х гг. падали до 35,2 %. Шкурки наилучшего качества добывались во второй половине зимы самоловами. Они имели высокую сортность и минимальную дефектность.

Добытые в осенний период времени зайчи шкурки отстрелом из-под собак большей частью полностью непригодны для закупок по причине низкой сортности (II и III сорта) и высокой дефектности от прострелов и собачьих зубов («большой дефект» или «брак»). Всё это серьезно снижает и так невысокую закупочную цену.

Таблица 2 – Заготовки шкурок зайца-беляка в Кировской области

Годы	Заготовки				Примечание	
	Количество шкур, шт.	Зачёт по качеству, %	Цена за «головку», руб. (предельная)	Сумма, руб.		
до 1910	нет данных	–	шкурка – 0,12 хвост – 0,01	–	Злобин, Сергеев, 1997	
1910	59 000	–	–	–	Каплин, 1962	
1911	59 000	–	–	–		
1912	37 000	–	–	–		
1913– 1940	нет данных	–	–	–	–	
1941	26 000	–	–	–	Козловский, Шевнина, 2021 (за вычетом русака по нашей оценке)	
1942	8 000	–	–	–		
1943	10 000	–	–	–		
1944	10 200	–	–	–		
1945	17 100	–	–	–		
1946	19 200	–	–	–		
1947	23 000	–	–	–		
1948	18 000	–	–	–		
1949	33 500	–	–	–		
1950	53 000	–	–	–		
1951	44 500	–	–	–		
1952	19 000	–	–	–		
1953	17 900	–	–	–		
1954	13 190	68,6	4,50	40 757,10		По данным «сводок о качестве» отдела товароведения ВНИИОЗ
1955	5 623	55,3	4,50	14 001,27		
1956	5 300	62,3	4,50	17 640,00		
1957	6 397	59,7	4,50	17 207,93		
1958	8 480	55,0	4,50	20 945,60		
1959	5 900	53,4	4,50	14 160,00		
1960	4 580	58,3	4,50	11 999,60		
1961	4 910	59,1	0,45	1 325,70		
1962	10 217	53,5	0,45	2 452,08		
1963	12 085	58,5	0,45	3 142,10		
1964	11 098	53,4	0,45	2 653,92		
1965	11 017	53,2	0,45	2 644,08		
1966	7 823	51,9	0,45	1 799,29		
1967	6 484	55,5	0,45	1 621,00		
1968	5 345	52,4	0,45	1 282,80		
1969	4 634	56,5	0,45	1 158,50		
1970	2 960	43,1	1,00	1 242,80		
1971	4 463	42,7	1,00	1 919,09		
1972	4 719	44,0	1,00	2 076,36		
1973	1 640	65,7	1,00	1 082,40		
1974	6 076	45,7	1,00	2 794,96		
1975	9 486	46,3	1,00	4 363,56		
1976	9 486	45,9	1,00	4 092,16		
1977	6 543	45,4	1,00	2 944,35		
1978	8 513	42,2	1,00	3 575,46		
1979	4 977	40,8	1,00	2 040,57		
1980	3 669	35,2	1,00	1 284,15		
1981	2 857	41,8	1,00	1 199,94		
1982	5 097	42,0	1,00	2 140,74		
1983	нет данных	–	4,00	–		
1984	13 902	41,5	4,00	23 077,32		
1985	нет данных	–	4,00	–		
1986	5 860	44,3	4,00	10 372,20		
1987	6 882	41,9	4,00	11 561,76		

Изменение (снижение) средней закупочной цены в рассматриваемый период заготовок наглядно демонстрирует рост ружейной и ранней добычи зайца над самоловной позднезимней. К концу 1980-х гг. заготовки полностью прекратились, а самоловная добыча беляка стала экзотикой. Свою роль в ликвидации заготовок шкурок этого вида сыграл и наступивший дисбаланс цен между расходами на добычу и уровнем закупочных цен на продукцию.

Последняя попытка возобновить заготовки шкурок зайцев в Кировской области была предпринята в 2000 г. при закупочной цене за «головку» в 6 рублей. Но она закончилась неудачей, так как средняя цена за шкурку ни в коей мере не покрывала затраты на добычу. При современном уровне цен на патроны и капканы, с учётом возможной средней закупочной стоимости шкурок зайца, цена за шкурку первого сорта (бездефектную), по нашему мнению, должна быть не ниже 70 рублей за штуку. Но к такому преysкуранту не готовы ни заготовители, ни, главное, потребители меховых изделий. Поэтому вопрос о возобновлении закупок шкурок зайца-беляка сегодня поднимать нецелесообразно.

Имеется также информация о том, что помимо традиционно меховых изделий заячьей шкурки и шерсть применялись в «народной» медицине. Считалось, что шерсть зайца полезна для остановки носовых кровотечений, при бессоннице, для лечения кожных заболеваний («ложная рожа», нарывы, воспаления), а также при кашле. Однако, современное их использование в этих целях неизвестно.

Мясная продукция. Мясо зайца (зайчатина) всегда было основной целью его добычи. В дореволюционной России зайчатина закупалась и реализовывалась через рынки и магазины. В зимний период зайчатину отправляли обозами в Казанскую губернию татарам, а также частично продавали на местных рынках нерусскому населению. Мясо оценивалось по 3–5 копеек за тушку [7]. Мы не располагаем данными о закупках или розничной продаже этого продукта в Кировской области в первой трети прошлого столетия.

При определённых условиях охота на беляка весьма «добычлива» и может обеспечить солидную прибавку к семейному столу. По нашим данным, в начале 40-х гг. прошлого столетия сезонная добыча одного охотника могла превышать 300 особей (табл. 3). При среднем выходе мяса с одного зверька около двух килограмм, это свыше 0,5 тонны мяса, что эквивалентно 2,5 тушам лося и может слу-

жить годовой базой для обеспечения семьи белковой пищей.

К концу 40-х гг XX в. максимальная добыча снизилась до 200 голов, а к середине 70-х гг. – до 100 голов. К концу XX в. максимальная добыча составляла 35–37 зверей за сезон, а в начале XXI в. она вновь возросла и в отдельные годы могла превышать 40 и 50 зайцев.

Результаты расчетов, выполненных на основе анкетного опроса охотников, позволяют оценить размер современной сезонной добычи зайца-беляка в Кировской области на уровне примерно 81,5 тысяч особей [3].

Расчет среднего выхода мясной продукции произведён по данным, полученным от добытых в 2017–2020 гг. 68 тушек зайцев. При средней массе зайца $3\,240,2 \pm 66,07$ г выход чистого мяса составляет 58,8 % и равен $1\,907,0 \pm 42,95$ г. Учитывая расчётные данные, годовой объём заячьего мяса можно оценить в 154,85 тонны, что эквивалентно добыче, примерно одной тысячи лосей.

В связи с отсутствием закупочных цен на зайчатину в 2017 г. нами проведён опрос охотников и потенциальных покупателей этой продукции. Перед первыми был поставлен вопрос: «По какой цене Вы бы продали зайца?» Для покупателей вопрос был сформулирован следующим образом: «За какую цену Вы готовы купить мясо зайца?».

Охотники готовы продать свою добычу по цене от 200 до 1 000 руб. за тушку, а вот покупатели хотели бы приобрести товар, заплатив за него от 200 до 800 руб. Несоответствие средних цен спроса и предложения составило 238 руб. (соответственно – 656,2 и 418,2 руб.). С учетом интересов обеих сторон, считаем, что приемлемой ценой за одну тушку беляка могли бы стать 540 руб. (285 руб. за один килограмм мяса). Исходя из таких цен, потенциальную стоимость годовой добычи мяса зайца-беляка в Кировской области можно оценить, ориентировочно, в 44,1 миллиона рублей.

Пищевые характеристики зайчатины. Мясо зайца используется на Руси в пищевых целях с незапамятных времен. Причём, как в рационе простых людей, так и на царских пирах. Оно широко потребляется населением средней полосы России. Но есть информация, что христианское население Вятской губернии мясо зайца в пищу не употребляло, считая его «поганым», «кошачьей лапкой». Однако этот продукт был особенно популярен у мордвцев, чувашей, марийцев, удмуртов. В настоя-

Таблица 3 – Оценка размеров добычи зайца-беляка в Кировской области одним охотником за сезон из числа добывавших

Годы	Максимальная добыча одного охотника, особей	Добыча одного охотника в среднем, особей	Годы	Максимальная добыча одного охотника, особей	Добыча одного охотника в среднем, особей
1942–1943	310	55,80	1981–1982	28	5,70
1943–1944	18	6,40	1982–1983	16	6,80
1944–1945	50	9,10	1983–1984	26	9,70
1945–1946	100	16,00	1984–1985	35	10,70
1946–1947	50	12,60	1985–1986	17	6,40
1947–1948	60	9,90	1986–1987	36	8,70
1948–1949	200	22,30	1987–1988	21	9,30
1949–1950	145	25,60	1988–1989	26	7,90
1950–1951	104	29,30	1989–1990	29	6,10
1951–1952	71	12,40	1990–1991	35	5,60
1952–1953	60	14,00	1991–1992	13	4,30
1953–1954	50	11,50	1992–1993	20	5,90
1954–1955	25	8,90	1993–1994	12	3,80
1955–1956	50	9,60	1994–1995	16	4,94
1956–1957	43	11,60	1995–1996	19	5,80
1957–1958	40	11,90	1996–1997	23	6,53
1958–1959	44	10,40	1997–1998	25	4,56
1959–1960	50	12,10	1998–1999	20	5,00
1960–1961	114	14,40	1999–2000	16	5,50
1961–1962	62	16,40	2000–2001	20	4,44
1962–1963	64	18,70	2001–2002	37	6,14
1963–1964	77	12,90	2002–2003	23	5,49
1964–1965	59	14,00	2003–2004	41	8,23
1965–1966	63	18,60	2004–2005	25	5,75
1966–1967	43	14,70	2005–2006	20	5,58
1967–1968	25	12,00	2006–2007	28	4,96
1968–1969	46	9,40	2007–2008	9	4,11
1969–1970	31	8,70	2008–2009	20	5,46
1970–1971	63	10,80	2009–2010	5	2,57
1971–1972	32	8,10	2010–2011	12	3,17
1972–1973	45	11,30	2011–2012	6	2,67
1973–1974	70	11,30	2012–2013	27	5,07
1974–1975	100	13,70	2013–2014	51	10,15
1975–1976	94	12,40	2014–2015	24	7,58
1976–1977	40	7,90	2015–2016	25	4,81
1977–1978	36	7,80	2016–2017	25	5,27
1978–1979	50	8,10	2017–2018	22	4,58
1979–1980	25	6,10	2018–2019	14	4,46
1980–1981	20	5,70	2019–2020	20	3,90

шее время в Кировской области этот продукт пользуется у охотников высоким спросом.

Мясо беляка плотное, без жира, низкокалорийное, имеет специфический сладковатый привкус. Его вкусовые качества зависят от возраста животного, времени добывания, способа добывания, качества первичной обработки и условий хранения. Лучшим считается мясо от зверей не старше одного года (сеголеток), добытых до установления снежного покрова, стреляных (хорошо обескровленных тушек), сразу освобожденных от внутренностей, свежих (остывших) или замороженных не более одного раза. Мясо зверьков, добытых капканами и петлями, плохо обескровленное, и имеет темный цвет и возможно неприятный

привкус. Подвергнутое многократному оттаиванию и замораживанию, как и любое мясо, оно теряет свои вкусовые и полезные свойства.

Данные химического анализа мяса беляка, приводимые разными исследователями, расходятся, а по отдельным показателям – многократно. Это может объясняться тем, что материал для исследований был взят из разных регионов и в разное время. Специалисты указывают на наличие в мясе зайца 7 макроэлементов, 19 микроэлементов и 12 витаминов шести групп, из которых наиболее представлена группа В, насчитывающая 7 витаминов. Мы обобщили имеющуюся в публикациях информацию по этому вопросу и сравнили ее с аналогичной по кролику домашнему (табл. 4).

Таблица 4 – Сравнительный состав зайчатины и мяса кролика домашнего (содержание веществ на 100 г мяса) [6, 14, 16, 17, 19, 23]

Показатель	Единица измерения	Заяц-беляк	Кролик домашний
Общий анализ			
Вода	г	56,1–74,6	66,7
Зола		1,2–1,3	1,2
Белки		13,5–21,3	21,1
Жиры		7,6–12,9	9,8–12,9
Углеводы		1,5–3,2	0,0
Калорийность	ккал	114,0–182,0	183,0
Холестерин	мг	90,0	40,0–90,0
Макроэлементы			
Калий	мг	271,4–335,0	335
Кальций		20,0–20,6	20,0
Магний		19,2–25,0	25,0
Натрий		41,1–57,0	57,0
Сера		140,5–225,0	225,0
Фосфор		164,6–190,0	190,0
Хлор		79,5–256,1	79,5
Микроэлементы			
Алюминий	мг	43,2	нет данных
Железо		2,8–3,3	3,3–3,5
Кремний	мкг	0,05	нет данных
Бор		13,1	нет данных
Ванадий		4,6	нет данных
Йод		4,9–5,0	5,0
Кобальт		10,3–16,2	16,2
Литий		0,2	нет данных
Марганец		13,0–44,0	13,0
Медь		92,0–130,0	130,0
Молибден		4,5–5,1	4,5–5,0
Никель		0,8	нет данных
Олово		2,2	нет данных
Рубидий		15,1	нет данных
Селен		0,04	нет данных
Титан		0,3	нет данных
Фтор		49,0–73,0	73,0–75,0
Хром		5,9–8,5	8,5–9,0
Цинк		мг	1,52–2,31

Продолжение таблицы 4

Показатель	Единица измерения	Заяц-беляк	Кролик домашний
Витамины			
Витамин А	мг	0,01–0,3	0,01–0,1
Витамин В ₁		0,06–0,12	0,12
Витамин В ₂		0,11–0,18	0,18
Витамин В ₄		86,3–115,6	115,6
Витамин В ₅		0,1	0,8
Витамин В ₆		0,3	0,5
Витамин В ₉	мкг	7,7–8,3	7,7
Витамин В ₁₂		2,5	4,3
Витамин С	мг	0,8–1,5	0,8
Витамин Е		0,4–0,5	0,5
Витамин Н	мкг	0,7	нет данных
Витамин РР	мг	4,9–6,2	6,2

Наиболее интересно сравнение зайчатин и крольчатин. Если диапазон различий содержания установленных элементов в мясе зайца может быть весьма широким, то в сравнении с крольчатинной подавляющее число установленных показателей одинаково. Оба вида мяса весьма близки по общему анализу и полностью совпадают по составу макроэлементов. В тоже время по имеющимся данным зайчатина богаче по набору микроэлементов. Аналогичные показатели имеет мясо зайца-русака [2, 10]. Крольчатина богата по составу незаменимых и заменимых аминокислот и жирных кислот, но к сожалению, провести сравнение по данным параметрам с зайчатинной возможностью нет, так как информация о их содержании в мясе зайца отсутствует.

В ряде вышеупомянутых исследований отмечаются лекарственные свойства зайчатин: при сахарном диабете, заболеваниях желчных путей, почек, пищеварительной системы, гипертонии, аллергии. Также она улучшает обмен веществ, повышает остроту зрения, поднимает гемоглобин, предотвращает гипоксию, спазмы и судороги, предупреждает развитие атеросклероза, улучшает нервную деятельность, состояние кожного покрова и слизистых оболочек, способствует синтезу гормона сна (мелатонина).

В народной медицине, помимо мяса, используется и заячий жир: при обморожениях, заживлении ран, при бронхитах и отитах. В сочетаниях с другими биологически активными веществами этот продукт применяют в косметологии: для увлажнения, смягчения и подтягивания кожи, разглаживания морщин, улучшения цвета лица и укрепления волос. Таким образом, мясо зайца-беляка можно оценивать как ценный и полезный пищевой и, возможно,

лекарственный продукт, производимый нашими охотниками.

Химическое загрязнение мясной продукции. На территории Кировской области зайцы повсеместно встречаются не только в отдаленных угодьях, но и на урбанизированных территориях, в техногенных и придорожных зонах. Мясо и внутренние органы таких животных могут содержать повышенные уровни различных загрязнителей и представлять определенную токсикологическую опасность для потребителей (табл. 5).

Микроэлементы распределяются в организме зайцев, подчиняясь закономерностям, характерным для других гомойотермных животных: основными депо металлов являются паренхиматозные органы и костная ткань, а скелетная мускулатура содержит меньшие количества. Средние уровни опасных тяжелых металлов в исследованных образцах не превышали предельно допустимых концентраций. Однако в тканях некоторых особей зарегистрированы повышенные концентрации свинца и кадмия.

Наиболее «загрязненным» органом оказалась печень: повышенный уровень свинца здесь отмечен более чем у половины особей, кадмия – у каждого шестого зайца. При этом превышение допустимых концентраций находилось в пределах 10–30 %. Опасный для потребителей уровень свинца и кадмия в почках зафиксирован только у двух особей, что связано с более высоким значением пороговых величин для этого органа. Концентрация загрязнителей в мышечной ткани зайцев-беляков ни в одном из замеров не превысила предельно допустимой, однако объем исследованного

Таблица 5 – Концентрации микроэлементов в мясе и внутренних органах зайцев-беляков Кировской области (миллиграммов на один килограмм сухого вещества)

Элемент	Количество	Отклонение	Среднее квадратическое отклонение	Медиана	Минимальное значение	Максимальное значение
Костная ткань (n=6)						
Железо	17,93	1,55	3,80	19	11,91	21,80
Медь	9,99	4,14	10,13	6,65	1,21	29,41
Марганец	7,47	3,11	7,63	4,31	0,25	20,83
Цинк	81,23	20,63	50,52	66,80	40,50	180,39
Хром	3,05	0,43	1,05	3,11	1,85	4,70
Никель	3,16	0,72	1,77	2,68	1,25	6,11
Свинец	3,66	0,42	1,04	3,63	2,48	5,40
Кадмий	2,17	0,45	1,10	2,15	0,90	3,48
Скелетная мускулатура (n=6)						
Железо	28,73	6,08	14,90	22,80	19,8	58,10
Медь	2,60	0,47	1,15	2,15	1,21	4,21
Марганец	1,29	0,17	0,43	1,30	0,69	1,90
Цинк	43,88	7,29	17,86	38,40	28,8	79,10
Хром	0,91	0,24	0,59	0,73	0,48	2,09
Никель	0,96	0,16	0,40	0,87	0,55	1,71
Свинец	0,87	0,14	0,34	0,79	0,48	1,48
Кадмий	0,11	0,02	0,05	0,09	0,08	0,20
Печень (n=40)						
Железо	205,70	21,72	137,30	188,10	17,43	611,19
Медь	20,95	2,28	14,42	18,15	3,15	90,20
Марганец	10,89	0,71	4,48	10,69	3,3	20,10
Цинк	94,15	7,66	48,45	84,87	20,44	201,51
Хром	3,61	0,29	1,80	3,35	0,34	10,02
Никель	2,87	0,18	1,12	2,85	0,32	6,10
Свинец	2,12	0,14	0,88	2,1	0,32	3,90
Кадмий	0,65	0,07	0,48	0,5	0	2,00
Почки (n=37)						
Железо	134,40	12,47	75,87	116,2	30,10	284,65
Медь	13,33	1,15	7,02	11,14	3,21	30,41
Марганец	7,30	0,58	3,54	6,80	1,21	19,22
Цинк	70,83	5,37	32,65	69,20	18,11	165,12
Хром	3,11	0,26	1,61	3,00	0,30	7,70
Никель	2,35	0,18	1,12	2,13	0,75	4,26
Свинец	2,04	0,16	0,96	1,90	0,89	5,70
Кадмий	0,92	0,29	1,76	0,50	0,12	11,10
Легкие (n=11)						
Железо	45,03	5,09	16,91	42,80	20,80	71,41
Медь	4,61	3,32	1,00	2,80	1,25	11,55
Марганец	2,32	0,63	2,10	1,85	0,90	8,11
Цинк	43,80	6,81	22,58	31,80	18,44	82,10
Хром	1,48	0,25	0,84	1,05	0,40	3,10
Никель	1,56	0,32	1,05	1,21	0,11	3,43
Свинец	1,38	0,18	0,61	1,44	0,35	2,20
Кадмий	0,29	0,09	0,32	0,13	0,01	0,98
Сердце (n=7)						
Железо	63,23	5,52	14,60	60,40	40,50	89,90
Медь	4,99	0,95	2,52	5,10	2,11	9,81
Марганец	1,75	0,29	0,76	1,46	1,04	3,00
Цинк	46,27	7,58	20,05	48,20	18,80	79,20
Хром	1,58	0,28	0,75	1,25	0,63	2,81
Никель	1,44	0,32	0,86	1,26	0,55	2,90
Свинец	1,33	0,23	0,60	1,50	0,46	2,00
Кадмий	0,17	0,06	0,17	0,12	0,10	0,55

материала пока не позволяет сделать оптимистических выводов.

Характерно, что в большинстве случаев концентрация свинца и особенно кадмия во внутренних органах была существенно ниже, чем у зайцеобразных из промышленно развитых стран [24, 25, 26, 28, 29, 30, 31].

Заключение. Заяц-беляк является одним из важнейших охотничьих видов животных, излюбленным объектом любительской охоты в лесной зоне России. Численность беляка находится в стадии снижения и оценивается в 130 тысяч особей, ежегодно добывается более 80 тысяч особей.

Шкурковая продукция добычи беляка потеряла свое значение и не фигурирует в

закупках с конца 80-х гг. прошлого столетия. Основной продукцией охоты на зайца является мясо, объем производства которого в регионе исследований превышает 155 тонн на сумму свыше 44 миллионов рублей ежегодно.

Продукция животных, длительное время обитавших вблизи автомагистралей, на техногенных участках, в сельскохозяйственных угодьях, подвергаемых интенсивной химической обработке, может представлять определенную токсикологическую опасность для потребителей. Это необходимо учитывать при организации и осуществлении охоты. Рекомендуется не употреблять в пищу внутренние органы зайцев, добытых на территориях, где предполагается существенное антропогенное загрязнение.

Список источников

1. Асписов Д. И. Заяц-беляк: материалы по экологии и промыслу в Волжско-Камском крае. Работы Волжско-Камской зональной охотничье-промысловой биостанции. Казань, 1936. 180 с.
2. Атаев А. М., Катаева Д. Г. Биохимические показатели мяса зайца-русака в Дагестане // Вестник ветеринарии. 2012. № 63 (4). С. 169–170.
3. Видовая структура добычи мелкой дичи в Кировской области в начале XXI века / Б. Е. Зарубин, В. В. Колесников, А. В. Козлова, М. С. Шевнина, А. В. Экономнов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 4 (22). С. 597–607.
4. Вознесенский В. А. Первичная обработка экспериментальных данных. Л. : Наука, 1969. 83 с.
5. Давлетов З. Х. Товароведение и технология обработки мясо-дичной продукции. Киров : Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. 36 с.
6. Жидик И. Ю., Заболотных М. В. Биологическая ценность мяса кроликов породы серебристая при применении минеральной добавки цеолит природный холинского месторождения // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. С. 8–23.
7. Злобин Б. Д., Сергеев А. А. Дела охотничьи // Энциклопедия земли Вятской. Природа. Киров : Вятка, 1997. С. 517–529.
8. Ивантер Э. В. Введение в количественную биологию : учебное пособие. Петрозаводск : Петрозаводский государственный университет, 2011. 302 с.
9. Каплин А. А. Советская пушнина. М. : Внешторгиздат, 1962. 510 с.
10. Катаева Д. Г. Химический состав мяса зайца в Дагестане // Известия Дагестанского государственного аграрного университета. 2019. № 2. С. 202–204.
11. Козловский И. С., Шевнина М. С. Заготовки пушнины в Кировской области в довоенные, послевоенные и 60-е годы истекшего столетия // Вестник охотоведения. 2021. № 1 (18). С. 4–7.
12. Королев А. Н. К проблеме формирования видового списка млекопитающих второго издания Красной книги Республики Коми // Вестник института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. 2008. № 5 (127). С. 19–27.
13. Лобачев С. В. Обзор охотничьих промыслов Вятского края // Труды по лесному опытному делу. Москва : Издательство Центральной лесной опытной станции, 1930.
14. Маньшин А. А, Кулинарное использование мяса дичи на предприятиях общественного питания // Товароведно-технологические аспекты повышения качества и конкурентоспособности потребительских товаров : матер. междунар. науч.- практ. конф. (Курск, 12 февраля 2015 г.). Курск : Деловая полиграфия, 2015. С. 39–42.
15. Остроумов Н. А. Животный мир Коми АССР. Позвоночные. Сыктывкар, 1949. 240 с.

16. Петрова Е. М. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса зайца на территории Республики Саха (Якутия) в сравнительном аспекте с кроликом // Материалы научно-практической конференции, посвящённой дню Российской науки (Якутск, 09–10 февраля 2019 г.). Якутск : Издательство «Академия», 2019. С. 45–49.
17. Рулева Т. А. Крольчатина как диетический продукт. Её химический состав и органолептические показатели // Инновационная наука. 2016. № 3–4. С. 61–64.
18. Соловьев А. Н. Динамика фауны востока русской равнины в XX веке // Успехи современной биологии. 2011. № 5 (131). С. 440–452.
19. Татарина З. Г. Показатели безопасности мяса зайца Центральной зоны Якутии // Материалы научно-практической конференции, посвящённой дню Российской науки (Якутск, 09–10 февраля 2019 г.). Якутск : Издательство «Академия», 2019. С. 76–79.
20. Теплова Е. И. Численность и размер добычи зайца-беляка в европейской части РСФСР // Естественная продуктивность и продуктивность охотничьих угодий СССР : материалы всесоюзной науч.-произв. конф. Киров, 1969. С. 231–233.
21. Томилова Т. П. Численность зайца-беляка и использование его ресурсов в Кировской области // Охота, пушнина, дичь : сб. науч.-техн. информ. Киров, 1969. С. 17–27.
22. Томилова Т. П. Численность и использование запасов зайца-беляка в РСФСР // Пути и методы рациональной эксплуатации и повышения продуктивности охотничьих угодий : материалы науч. конф. (Москва, 22–24 октября 1978 г.). Москва, 1978. С. 28–30.
23. Химический состав российских пищевых продуктов. Справочник / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. М. : ДеЛи принт, 2002. 236 с.
24. Beukovic D., Popovic Z., Beukovic M. Expo sure of brown hare (*Lepus europaeus*) population to harmful effect of lead (Pb) and cadmium (Cd) in the food chain due to anthropogenic factors // Faculty of Agriculture : International Symposium on Animal Science (ISAS) (Belgrade, 22–23 November 2018). Belgrade : Belgrade-Zemun, 2018. P. 64–68.
25. Demirbaş Y., Erduran N. Concentration of selected heavy metals in brown hare (*Lepus europaeus*) and wild boar (*Sus scrofa*) from central Turkey // Balkan Journal of Wildlife Research. 2017. Vol. 4 (2). P. 26–33.
26. Lead and Cadmium in the Liver and Muscles of the Mountain Hare (*Lepus timidus*) in Northern Finland / E. Pulliainen [et al.] // Annales Zoologici Fennici. 1984. Vol. 2 (21). P. 149–152.
27. Lindlof B., Lindstrom E., Pehrson A. Nutrient Content in Relation to Food Preferred by Mountain Hare // The Journal of Wildlife Management. 1974. Vol. 4 (38). P. 875–879.
28. Lutz W. Ergebnisse der Untersuchungen von Rehen (*Capreolus capreolus* L.) und Hasen (*Lepus europaeus* Pallas) auf Schwermetalle und chlorierte Kohlenwasserstoffe in Nordrhein-Westfalen // Zeitschrift für Jagdwissenschaft. 1985. Vol. 31. P. 153–155.
29. Population parameters including breeding season of the european brown hare (*Lepus europaeus*) exposed to cadmium and lead pollution / W. Halecki [et al.] // Fresenius Environmental Bulletin. 2017. Vol. 26. P. 2998–3004.
30. Pedersen S, Lierhagen S. Heavy metal accumulation in arctic hares (*Lepus arcticus*) in Nunavut, Canada // Science of the Total Environment. 2006. Vol. 2–3 (368). P. 951–955.
31. Relationship between heavy metal accumulation and morphometric parameters in European hare (*Lepus europaeus*) inhabiting various types of landscapes in southern Poland / M. Wajdzik [et al.] // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2017. Vol. 11 (145). P. 16–23.

References

1. Aspisov D. I. *Zayats-belyak: materialy po ekologii i promyslu v Volzhsko-Kamskom krae. Raboty Volzhsko-Kamskoj zonal'noj ohotnich'e-promyslovoj biostantsii [Mountain hare: materials on ecology and fishing in the Volga-Kama region. Works of the Volga-Kama zonal hunting and fishing biostation]*, Kazan', 1936, 180 p. (in Russ.).
2. Ataev A. M., Kataeva D. G. Biohimicheskie pokazateli myasa zajtsa-rusaka v Dagestane [Biochemical indicators of the meat of the European hare in Dagestan]. *Vestnik veterinarii. – Bulletin of Veterinary Medicine*, 2012; 4 (63): 169–170 (in Russ).
3. Zarubin B. E., Kolesnikov V. V., Kozlova A. V., Shevnina M. S., Ekonomov A. V. Vidovaya struktura dobychi melkoj dichi v Kirovskoj oblasti v nachale XXI veka [Species structure

of small game hunting in the Kirov region at the beginning of the XXI century]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – Agricultural Science Euro-North-East*, 2021; 4 (22): 597–607 (in Russ.).

4. Voznesenskij V. A. *Pervichnaya obrabotka eksperimental'nyh dannyh [Primary processing of experimental data]*, Leningrad, Nauka, 1969, 83 p. (in Russ.).

5. Davletov Z. H. *Tovarovedenie i tekhnologiya obrabotki myaso-dichnoj produkcii [Merchandising and processing technology of meat and wild products]*, Kirov, Vyatskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2013, 36 p. (in Russ.).

6. Zhidik I. Yu., Zabolotnyh M. V. Biologicheskaya tsennost' myasa krolikov porody serebristaya pri primenenii mineral'noj dobavki tseolit prirodnyj holinskogo mestorozhdeniya [Biological value of silver rabbit meat when using the mineral additive zeolite natural of the Kholinsky deposit]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – Modern problems of science and education*, 2014; 3: 823 (in Russ.).

7. Zlobin B. D., Sergeev A. A. Dela ohotnich'i [Hunting matters] // *Entsiklopediya zemli Vyatskoj. Priroda [Encyclopedia of the Vyatka land. Nature]*, Kirov, Vyatka, 1997: 517–529 (in Russ.).

8. Ivanter E. V. *Vvedenie v kolichestvennyuyu biologiyu: uchebnoe posobie [Introduction to Quantitative Biology: A Study Guide]*, Petrozavodsk, Petrozavodskij gosudarstvennyj universitet, 2011, 302 p. (in Russ.).

9. Kaplin A. A. *Sovetskaya pushnina [Soviet furs]*, Moskva, Vneshtorgizdat, 1962, 510 p. (in Russ.).

10. Kataeva D. G. Himicheskij sostav myasa zajtsa v Dagestane [The chemical composition of hare meat in Dagestan]. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – News of Dagestan State Agrarian University*, 2019; 2: 202–204 (in Russ.).

11. Kozlovskij I. S., Shevnina M. S. Zagotovki pushniny v Kirovskoj oblasti v dovoennye, poslevoennye i 60-e gody istekshego stoletiya [Fur procurement in the Kirov region in the pre-war, post-war and 60s of the past century]. *Vestnik ohotovedeniya. – Bulletin of Hunting*, 2021; 1 (18): 4–7 (in Russ.).

12. Korolev A. N. K probleme formirovaniya vidovogo spiska mlekopitayushchih vtorogo izdaniya Krasnoj knigi Respubliki Komi [On the problem of forming a species list of mammals of the second edition of the Red Data Book of the Komi Republic]. *Vestnik instituta biologii Komi nauchnogo tsentra Ural'skogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk. – Bulletin of the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2008; 5 (127): 19–27 (in Russ.).

13. Lobachev S. V. Obzor ohotnich'ih promyslov Vyatskogo kraja [Overview of hunting trades in the Vyatka Territory] // *Trudy po lesnomu opytnomu delu [Works on forest experimental business]*, Moskva, Izd-vo Tsentral'noj lesnoj opytnoj stantsii, 1930. (in Russ.).

14. Man'shin A. A. Kulinarное ispol'zovanie myasa dichi na predpriyatiyah obshchestvennogo pitaniya [Culinary use of game meat in catering establishments]. Proceeding from Commodity science and technological aspects of improving the quality and competitiveness of consumer goods: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya (12 fevralya 2015 g.) – International Scientific and Practical Conference*. (PP. 39–42), Kursk, Delovaya poligrafiya, 2015 (in Russ.).

15. Ostroumov N. A. *Zhivotnyj mir Komi ASSR. Pozvonochnye [Fauna of the Komi ASSR. Vertebrates]*, Syktyvkar, 1949, 240 p. (in Russ.).

16. Petrova E. M. Veterinarno-sanitarnaya ekspertiza myasa zajtsa na territorii Respubliki Saha (Yakutiya) v sravnitel'nom aspekte s krolikom [Veterinary and sanitary examination of hare meat on the territory of the Republic of Sakha (Yakutia) in a comparative aspect with a rabbit]. Proceeding from *Nauchno-prakticheskaya konferenciya, posvyashchyonnoj dnyu Rossijskoj nauki (09–10 fevralya 2019 g.) – Scientific and practical conference dedicated to the Day of Russian Science*. (PP. 45–49), Yakutsk, Izdatel'stvo "Akademiya", 2019 (in Russ.).

17. Ruleva T. A. Krol'chatina kak dieticheskij produkt. Eyo himicheskij sostav i organolepticheskie pokazateli [Rabbit meat as a dietary product. Its chemical composition and organoleptic characteristics]. *Innovacionnaya nauka. – Innovation Science*, 2016; 3–4: 61–64 (in Russ.).

18. Solov'ev A. N. Dinamika fauny vostoka russkoj ravniny v XX veke [Dynamics of the fauna of the east of the Russian plain in the twentieth century]. *Uspekhi sovremennoj biologii. – Advances in modern biology*, 2011; 5 (131): 440–452 (in Russ.).

19. Tatarinova Z. G. Pokazateli bezopasnosti myasa zajtsa Tsentral'noj zony Yakutii [Safety indicators of hare meat in the Central zone of Yakutia]. Proceeding from *Nauchno-prakticheskaya konferenciya, posvyashchyonnoj dnyu Rossijskoj nauki (09–10 fevralya 2019 g.) – Scientific and practical conference dedicated to the Day of Russian Science*. (PP. 76–79), Yakutsk, Izdatel'stvo "Akademiya", 2019 (in Russ.).
20. Teplova E. I. Chislennost' i razmer dobychi zajtsa-belyaka v evropejskoj chasti RSFSR [The number and size of the hunting bag of the white hare in the European part of the RSFSR]. Proceeding from Natural productivity and productivity of hunting grounds of the USSR: *Vsesoyuznaya nauchno-proizvodstvennaya konferenciya – All-Union Scientific and Industrial Conference*. (PP. 231–233), Kirov, 1969 (in Russ.).
21. Tomilova T. P. Chislennost' zajtsa-belyaka i ispol'zovanie ego resursov v Kirovskoj oblasti [The number of the white hare and the use of its resources in the Kirov region]. Proceeding from *Ohota, pushnina, dich' – Hunting, furs, game*. (PP. 17–27), Kirov, 1969 (in Russ.).
22. Tomilova T. P. Chislennost' i ispol'zovanie zapasov zajtsa-belyaka v RSFSR [The number and use of the stocks of the white hare in the RSFSR]. Proceeding from Ways and methods of rational exploitation and increasing the productivity of hunting grounds: *Nauchnaya konferenciya (22–24 oktyabrya 1978 g.) – Scientific Conference*. (PP. 28–30), Moscow, 1978 (in Russ.).
23. Skurihina I. M., Tutel'jana V. A. (Eds.). *Himicheskij sostav rossijskih pishchevyh produktov. Spravochnik [Chemical Composition of Russian Food Products. A Handbook]*, Moskva, DeLi print, 2002, 236 p. (in Russ.).
24. Beukovic D., Popovic Z., Beukovic M. Exposure of brown hare (*Lepus europaeus*) population to harmful effect of lead (Pb) and cadmium (Cd) in the food chain due to anthropogenic factors. Proceeding from Faculty of Agriculture: International Symposium on Animal Science. (PP. 64–68), Belgrade, Belgrade-Zemun, 2018.
25. Demirbaş Y., Erduran N. Concentration of selected heavy metals in brown hare (*Lepus europaeus*) and wild boar (*Sus scrofa*) from central Turkey. *Balkan Journal of Wildlife Research*, 2017; 4 (2): 26–33.
26. Pulliainen E., Lajunen L. H. J., Itamies J., Anttila R. Lead and Cadmium in the Liver and Muscles of the Mountain Hare (*Lepus timidus*) in Northern Finland. *Annales Zoologici Fennici*, 1984; 2 (21): 149–152.
27. Lindlof B., Lindstrom E., Pehrson A. Nutrient Content in Relation to Food Preferred by Mountain Hare. *The Journal of Wildlife Management*, 1974; 4 (38): 875–879.
28. Lutz W. Ergebnisse der Untersuchungen von Rehen (*Capreolus capreolus* L.) und Hasen (*Lepus europaeus* Pallas) auf Schwermetalle und chlorierte Kohlenwasserstoffe in Nordrhein-Westfalen. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, 1985; 31: 153–155.
29. Halecki W., Gąsiorek M., Wajdzik M., Pająk M., Kulak D. Population parameters including breeding season of the european brown hare (*Lepus europaeus*) exposed to cadmium and lead pollution. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2017; 26: 2998–3004.
30. Pedersen S, Lierhagen S. Heavy metal accumulation in arctic hares (*Lepus arcticus*) in Nunavut, Canada. *Science of the Total Environment*, 2006; 2–3 (368): 951–955.
31. Wajdzik M, Halecki W, Kalarus K, Gąsiorek M, Pająk M. Relationship between heavy metal accumulation and morphometric parameters in European hare (*Lepus europaeus*) inhabiting various types of landscapes in southern Poland. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2017; 11 (145): 16–23.

© Зарубин Б. Е., Экономов А. В., Колесников В. В., Шевнина М. С., Сергеев А. А., 2021
Статья поступила в редакцию 28.09.2021; одобрена после рецензирования 15.10.2021; принята к публикации 06.12.2021.

The article was submitted 28.09.2021; approved after reviewing 15.10.2021; accepted for publication 06.12.2021.

Информация об авторах

Зарубин Борис Евгеньевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела охотничьего ресурсоведения, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова;

Экономов Александр Вячеславович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела охотничьего ресурсоведения, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, aconom86@mail.ru;

Колесников Вячеслав Васильевич, доктор биологических наук, заведующий отделом охотничьего ресурсоведения, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова; доцент кафедры охотоведения и биологии диких животных, Вятский государственный агротехнологический университет;

Шевнина Мария Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела охотничьего ресурсоведения, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова; доцент кафедры охотоведения и биологии диких животных, Вятский государственный агротехнологический университет;

Сергеев Алексей Анатольевич, кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова

Information about authors

Boris E. Zarubin, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Department of Hunting resource studies, Professor B. M. Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming;

Aleksandr V. Ekonomov, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Department of Hunting resource studies, Professor B. M. Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, aconom86@mail.ru;

Vyacheslav V. Kolesnikov, Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Hunting Resource Studies, Professor B. M. Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming; Associate Professor of the Department of Hunting and Wildlife biology, Vyatka State Agrotechnological University;

Mariya S. Shevnina, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Department of Hunting Resource Studies, Professor B. M. Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming; Associate Professor of the Department of Hunting and Wildlife biology, Vyatka State Agrotechnological University;

Aleksey A. Sergeev, Candidate of Biological Sciences, Deputy Director for Scientific Work, Professor B. M. Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming

УДК 636.085.8:636.74

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-103-110

Пребиотик в кормлении собак: анализ применения

Людмила Викторовна Лазаренко

Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний России, Пермский край, Пермь, Россия, lazarenko.mila2012@yandex.ru

Аннотация. Имеется зависимость между составом рациона у животных и активностью микрофлоры толстой кишки. Включение в рацион определенных ингредиентов способно влиять на видовой состав и метаболическую активность кишечной микрофлоры, обеспечивая поддержание эубиоза. Использование пребиотика в кормлении служебных собак сопровождается изменениями морфологического состава крови и газового состава толстой кишки. В этой связи важно провести сравнительный анализ морфологических и биохимических показателей крови, и содержания короткоцепочечных жирных кислот в фекалиях у служебных собак после применения пребиотика с показателями собак контрольной группы. Морфологические и биохимические показатели крови определяли лабораторными методами, газовый состав фекалий – методом газожидкостной хроматографии. После применения пребиотика у собак выявлены изменения лейкограммы. Введение пребиотика в рацион собак приводит к увеличению количества короткоцепочечных жирных кислот в фекалиях вследствие усиления метаболической активности кишечной микрофлоры.

Ключевые слова: пребиотик, короткоцепочечные жирные кислоты, собаки

Для цитирования: Лазаренко Л. В. Пребиотик в кормлении собак: анализ применения // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 103–110. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-103-110.

Prebiotic in dog feeding: analysis of application

Ludmila V. Lazarenko

Perm Institute of the Federal Penitentiary Service, Perm region, Perm, Russia
lazarenko.mila2012@yandex.ru

Abstract. There is a relationship between the animal diet composition and the colon microflora activity. The dietary inclusion of certain ingredients can affect the species composition and metabolic activity of the intestinal microflora, ensuring the maintenance of eubiosis. The use of a prebiotic in service dogs feeding is accompanied by changes in the blood morphological composition and the colon gas composition. The purpose of the research is to analyze the blood morphological and biochemical parameters, and the content of short-chain fatty acids in the feces of service dogs after prebiotic administration. The control group and an experimental group of service dogs that received a prebiotic in addition to the diet. The blood morphological and biochemical parameters were determined by laboratory methods, gas composition of feces – by gas-liquid chromatography. Research results: changes in the leukogram were found after prebiotic administration in dogs. The administration of a prebiotic into the dog diet leads to an increase in the amount of short-chain fatty acids in the feces as a result of an increase of the intestinal microflora metabolic activity.

Keywords: prebiotic, short chain fatty acids, dogs

For citation: Lazarenko L.V. Prebiotic in dog feeding: analysis of application. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 103–110. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-103-110.

Введение. Одним из важнейших факторов, который оказывает влияние на состояние здоровья животных, является оптимальное соотношение микробиоты толстой и нижних отделов тонкой кишки, и ее взаимодействие с макроорганизмом (состояние эубиоза). Нормальная микрофлора кишечника выполняет несколько функций: переваривание питательных веществ, синтез витаминов, стимуляцию иммунной системы, защиту слизистой оболочки, антагонистическое действие против патогенной микрофлоры [3, 16].

Механизмы деятельности нормальной кишечной микрофлоры включают воспроизводство короткоцепочечных или летучих жирных кислот (далее – КЦЖК), и, как следствие, снижение кислотности в толстом кишечнике. В свою очередь, пониженный уровень кислотности ингибирует рост патогенной микрофлоры, а также позволяет снижать абсорбцию некоторых токсичных соединений (аммиака). Кроме того, КЦЖК обеспечивают энергией клетки эпителия толстой кишки, стимулируют их пролиферацию, и тем самым обеспечивают барьерную функцию слизистой оболочки [14].

Известна взаимосвязь между составом рациона у животных и микрофлорой кишечника. Включение в рацион определенных ингредиентов способно влиять на видовой состав и метаболическую активность кишечной микрофлоры, обеспечивая поддержание эубиоза [16]. Такие ингредиенты корма как пребиотики могут быть потенциальным стимулом для положительных изменений состояния кишечника.

Понятие «пребиотики» употребляется сравнительно недавно. Их определяют как «неперевариваемые компоненты пищи, способные вызывать селективную стимуляцию роста и (или) активности ограниченного числа бактерий толстой кишки, и таким образом улучшать здоровье человека» [13]. Пищевые волокна, из которых состоит пребиотик, не подвергаются гидролизу ферментами пищеварительных желез, следовательно, не всасываются в проксимальных отделах кишечного тракта и попадают в толстую кишку. Под влиянием пребиотиков происходит изменение состава микрофлоры толстой кишки – преобладание лактобактерий и бифидобактерий [13].

Наибольшими пребиотическими эффектами обладают неперевариваемые углеводы, преимущественно олигосахариды, молекулы которых содержат небольшое количество (от трёх до десяти) остатков моносахаридов, связанных гликозидными связями. Основными пребиотиками являются фруктоолигосахариды (инулин), галактоолигосахариды, кислотные олигосахариды, соевые олигосахариды, пектиновые олигосахариды, глюкоолигосахариды, изомальтоолигосахариды [12]. Под воздействием ферментов микрофлоры в полости толстой кишки пищевые волокна расщепляются до ацетата, пропионата, бутирата – основных КЦЖК [9].

В процессе жизнедеятельности организма нередко возникают определенные периоды, когда у животных происходит дисфункция желудочно-кишечного тракта, которая приводит к развитию дисбиоза. Нарушение переваривания нутриентов пищи вызывает образование гнилостных соединений: аммиака, фенолов, индола, которые в высоких концентрациях могут быть токсичными [11]. В этих ситуациях необходима коррекция патологических состояний, и одним из вариантов выбора препаратов для проведения лечения могут быть пребиотики.

Уровень и соотношение КЦЖК, содержащихся в толстой кишке, является важным диагностическим критерием функционального гомеостаза кишечной микрофлоры [1].

Цель исследований состоит в выявлении изменения уровня КЦЖК в содержимом толстой кишки у собак при добавлении в рацион пребиотика. Для комплексной оценки действия пребиотика нами определены некоторые биохимические показатели крови и показатели клинического анализа крови.

Материал и методы исследований. Исследования проводились на базе учебно-тренировочного комплекса федерального казённого образовательного учреждения высшего образования «Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний России». Были сформированы опытная и контрольная группы, в которые отбирали клинически здоровых собак (кобелей и сук) в возрасте от двух до пяти лет ($n=10$) при средней массе тела животных в $32,7 \pm 2,5$ кг. Опыты проводи-

ли на служебных собаках пород немецкая овчарка и восточноевропейская овчарка.

Собаки содержались в уличных вольерах. Кормление проводилось полнорационным сухим кормом марки «Барс» (два раза в день). Исследования проводились в весенний период года с апреля по май.

Изучали действие препарата «Реккицен-РД[®] с фруктоолигосахаридами», который относится к пищевым добавкам. Он состоит из пищевых волокон пшеничных отрубей, полученных в результате ферментации винными дрожжами *Saccharomycesvini*. Форма выпуска препарата – таблетки массой по 0,7 г.

Собакам опытной группы пребиотик применяли в течение 21 дня. Скармливание препарата проводили до кормления. Дозировку определяли в соответствии с инструкцией в количестве 0,1 г на один килограмм массы тела в сутки, что составляло 4 или 5 таблеток на голову. Кормление собак контрольной группы проводили в обычном режиме.

Уровень КЦЖК определяли в фекалиях, отбор проб производили по окончании опыта на 22-й день. Устанавливали количество КЦЖК: уксусной кислоты, пропионовой кислоты, масляной кислоты, изомеров жирных кислот, общее содержание КЦЖК. Количество КЦЖК устанавливали методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ), который основан на разделении различных компонентов кишечного содержимого. Исследования фекалий проводились на хроматографе «Chrom-5» в ООО «Лабораторные технологии» г. Пермь.

Пробы крови отбирали за день до начала применения препарата и на 22-й день (после применения). Время взятия крови – до кормления. Клинический анализ крови выполняли на кафедре зоотехнии Пермского института Федеральной службы исполнения наказаний России. При этом использовали методы: определение эритроцитов и лейкоцитов (в камере Горяева), выведение лейкограммы (мазки крови, окраска по Романовскому).

Биохимические показатели исследовали на автоматическом гемоанализаторе *Torus* в клинической лаборатории Пермского государственного медицинского университета имени Е. А. Вагнера. Определяли содержание общего белка, альбумина, печеночных трансаминаз (АЛТ

и АСТ), щелочной фосфатазы, общего билирубина и мочевины. По окончании опыта проводили сравнительный анализ показателей между собаками опытной и контрольной групп.

Статистический анализ результатов выполняли с использованием критерия Стьюдента.

Обсуждение результатов. Исследование содержания КЦЖК продемонстрировало, что в фекалиях у собак опытной группы после применения пребиотика происходило повышение всех определяемых кислот. Количественные показатели уксусной кислоты, пропионовой кислоты, масляной кислоты, изомеров жирных кислот, общее содержание КЦЖК, а также отличия у собак контрольной и опытной групп представлены на рисунке 1.

Анализ полученных результатов показал, что у собак опытной группы по окончании применения пребиотика по сравнению с собаками контрольной группы количество уксусной кислоты возросло в 2,3 раза ($p < 0,05$), пропионовой – в 2,4 раза ($p < 0,05$), общее содержание кислот увеличилось в 2,3 раза ($p < 0,05$). В целом, повышение содержания КЦЖК в фекалиях собак по окончании применения препарата произошло, в среднем, от 2,3 до 3,4 раза.

Выявленное увеличение количества КЦЖК в фекалиях, в большей степени, связано с их повышенным образованием в полости толстой кишки вследствие ферментации пищевых волокон кишечной микрофлорой, а также с поступлением в пищеварительный тракт КЦЖК, содержащихся в самом препарате.

Для изучения влияния компонентов пребиотика (пищевых волокон и КЦЖК, образующихся при их ферментации) на организм собак, были проведены исследования крови. При этом выявляли возможные изменения морфологического и биохимического состава. Исследовали некоторые показатели клинического анализа и показатели, отражающие функции печени, в том числе, общий белок, альбумин, печеночные трансаминазы (АЛТ и АСТ), щелочную фосфатазу, общий билирубин и мочевины.

Результаты клинического анализа крови представлены в таблице 1 и на рисунках 2–3.

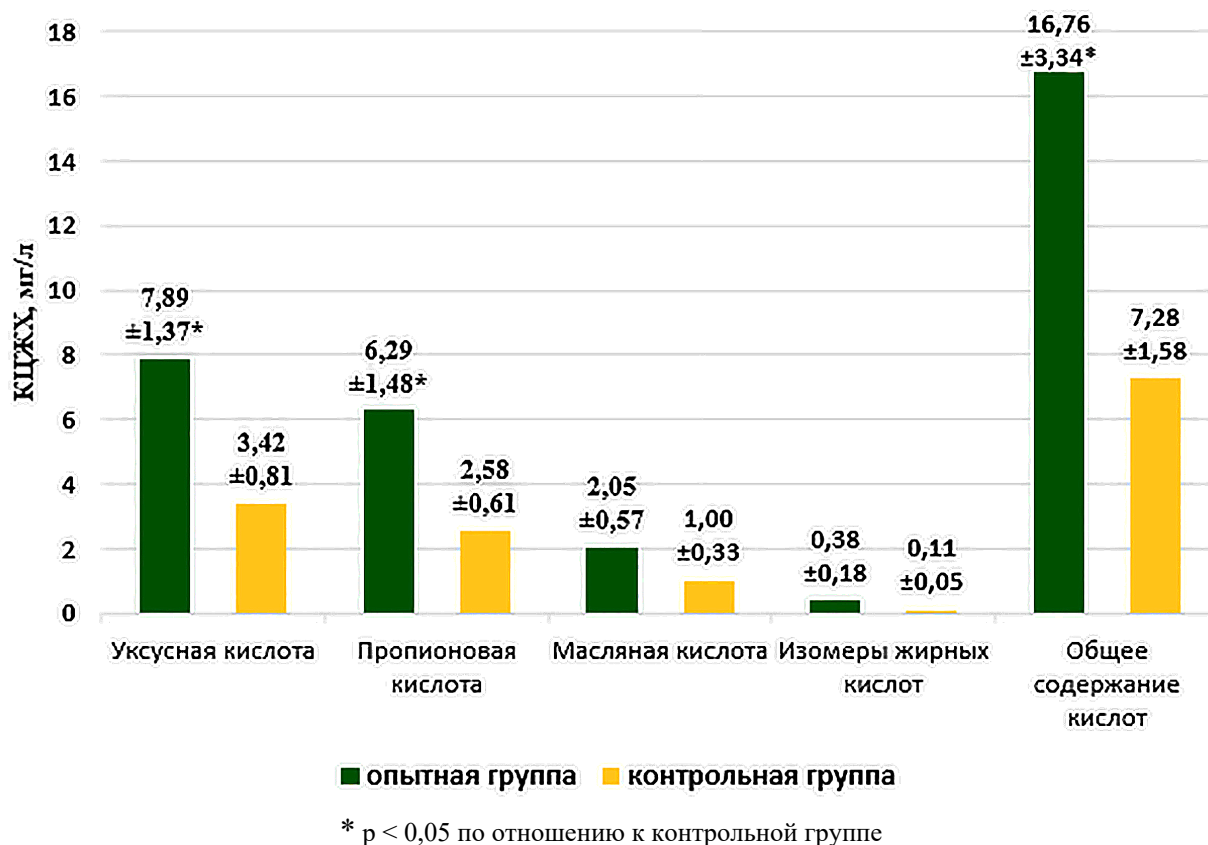


Рисунок 1 – Содержание КЦЖХ в фекалиях у собак опытной и контрольной групп после применения пребиотика, мг/г (n=10)

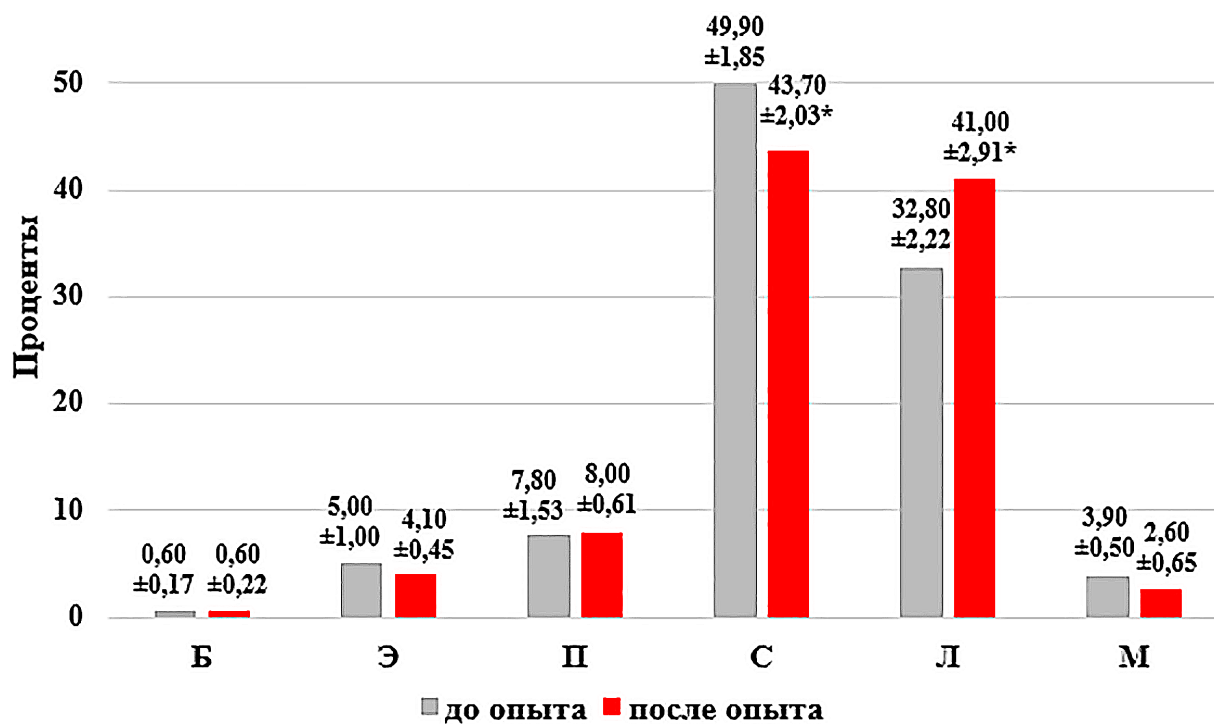
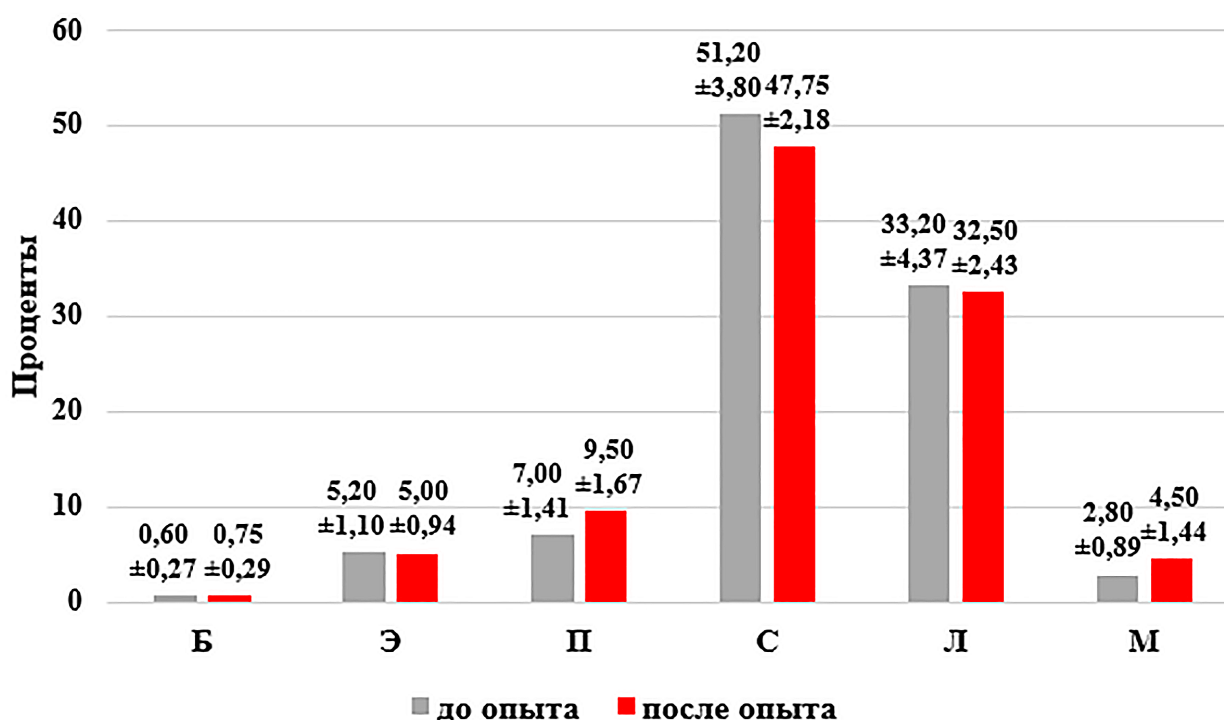


Рисунок 2 – Лейкограмма у собак опытной группы, % (n=10)

Б – базофилы; Э – эозинофилы; П – палочкоядерные нейтрофилы; С – сегментоядерные нейтрофилы; Л – лимфоциты; М – моноциты

Таблица 1 – Количественные показатели крови у собак (n=10)

Показатель	Опытная группа		Контрольная группа		Норма [6]
	перед опытом	после опыта	перед опытом	после опыта	
Эритроциты, 10^{12} /л	6,250±0,20	5,850±0,50	5,640±0,21	5,640±0,81	5,0–8,7
Лейкоциты, 10^9 /л	10,416±0,37	10,934±0,37	11,220±0,68	10,920±0,45	6,8–11,8



Б – базофилы; Э – эозинофилы; П – палочкоядерные нейтрофилы; С – сегментоядерные нейтрофилы; Л – лимфоциты; М – моноциты

Рисунок 3 – Лейкограмма у собак контрольной группы, % (n=10)

При анализе данных видно, что результаты исследований у собак опытной и контрольной групп, в основном, не выходят за пределы физиологических границ. Некоторое превышение доли палочкоядерных нейтрофилов (при норме от одного до шести процентов) встречалось нами ранее, в исследованиях, проведенных на поголовье учебных собак Пермского института Федеральной службы исполнения наказаний России [4].

В. Г. Скопичев с соавторами (2008) предполагают, что нормативные показатели крови зависят от многих конкретных условий (сезон года, условия содержания и кормления, возраст, пол, порода) [10], в этой связи выявленное отклонение не является значимым.

По результатам исследований установлены отдельные изменения показателей лейкограммы у животных опытной группы после применения пребиотика. Произошло повышение в 1,28 раза (при $p < 0,05$) процентной доли лимфоцитов с одновременным уменьшением доли нейтрофилов. Полученные результаты могут быть вызваны изменением состава микробиоты толстой кишки собак в результате воздействия пребиотика, что согласуется с информацией из литературных источников.

По данным Е. Б. Бажибиной с соавторами (2005), часть нейтрофилов локализуется в просвете кишечника (люминальная группа) и обеспечивает контроль микробного состава у здоровых животных, их количество может варьировать [6].

Таблица 2 – Результаты биохимического анализа крови у собак (n=10)

Показатели	Опытная группа		Контрольная группа		Норма [2]
	перед опытом	после опыта	перед опытом	после опыта	
Общий белок, г/л	63,75±2,46	62,45±1,51	67,50±5,91	61,86±2,92	55–75
Альбумин, г/л	34,40±1,56	35,30±0,77	34,20±1,71	34,60±1,44	22–40
Мочевина, ммоль/л	6,60±0,22	6,11±0,59	6,75±0,51	6,43±0,80	3,2–9,3
Билирубин общий, мкмоль/л	11,48±0,10	11,06±0,20	11,36±0,11	10,92±0,10	3,1–13,5
АЛТ, МЕ/л	53,47±3,72	54,38±6,34	47,26±4,71	51,62±3,40	5–50
АСТ, МЕ/л	59,97±2,17	39,52±2,27*	54,04±1,01	36,26±1,9*	10–40
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	75,10±9,58	78,20±7,83	80,20±3,19	82,02±4,13	19–90

* $p < 0,05$ по отношению к результатам до опыта.

Вероятно, что изменения числа нейтрофилов в просвете толстой кишки приводят к количественным сдвигам нейтрофилов в циркулирующей крови. Данное предположение подтверждается результатами ранее проведенных нами исследований, целью которых было изучение пищеварительного лейкоцитоза у собак [5]. Были обнаружены определенные изменения лейкоцитарного профиля, связанные пищеварительными процессами – через два часа после кормления в крови у собак на 9,6 % (при $p < 0,05$) увеличивалось общее количество лейкоцитов с одновременным повышением полиморфноядерных нейтрофилов в 1,5 раза. Эти исследования показали, что пищеварительные процессы влияют на лейкоцитарный состав крови.

В таблице 2 представлены результаты биохимического анализа крови.

При анализе данных таблицы у собак обеих групп выявлено определенное превышение аспаратаминотрансферазы (АСТ) до начала эксперимента и снижение по его окончании, что не может быть связано с влиянием пребиотика. Причины уменьшения АСТ в пределах физиологической нормы не известны [8]. В целом, уровень исследуемых биохимических показателей свидетельствует о нормальном физиологическом состоянии обменных процессов в организме.

Анализ биохимических результатов показал отсутствие существенных раз-

личий между группами. Таким образом, пищевые волокна и КЦЖК, образующиеся при их ферментации, не оказали какого-либо воздействия на состояние обмена веществ у собак.

Заключение. Результаты исследований, целью которых была оценка применения препарата, содержащего ферментированные пищевые волокна, выявили определенное влияние его компонентов на организм служебных собак. Было установлено достоверное повышение количества КЦЖК в фекалиях у собак опытной группы после применения пребиотика:

- 1) уксусной кислоты – в 2,3 раза;
- 2) пропионовой кислоты – в 2,4 раза;
- 3) общее содержание КЦЖК увеличилось в 2,3 раза.

Анализ результатов исследования крови показал, что в лейкограмме у собак опытной группы изменялось процентное соотношение полиморфноядерных нейтрофилов и лимфоцитов. Доля лимфоцитов повышалась в 1,28 раза (при $p < 0,05$), не превышая пределов физиологической нормы.

Полученные результаты показывают, что длительное (в течение 21 дня) использование пребиотика в рационе собак приводит к определенным изменениям химического состава содержимого толстой кишки, а также морфологического состава крови животных.

Список источников

1. Дисбиоз (дисбактериоз) кишечника: современное состояние проблемы, комплексная диагностика и лечебная коррекция / М. Д. Ардатская [и др.]. // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2015. № 5 (117). С. 13–50.
2. Иванов А. А. Клиническая лабораторная диагностика. СПб. : Лань, 2017. 432 с.
3. Лазарева Т. С., Жвания Ф. Ф. Желудочно-кишечный тракт, микрофлора и иммунитет // Педиатрическая фармакология. 2009. № 6. С. 46–50.
4. Лазаренко Л. В. Показатели клинического анализа крови собак в разные сезоны года // Подготовка специалистов силовых структур: проблемы, перспективы, тенденции развития : сб. науч. тр. Пермь : Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, 2016. С. 117–120.
5. Лазаренко Л. В., Чепкасова С. Ю., Попцова О. С. Пищевые реакции крови у моногастричных животных (собаки) // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 4. С.147–153.
6. Методологические основы оценки клинико-морфологических показателей крови домашних животных / Е. Б. Бажибина [и др.]. М. : Аквариум, 2005. 128 с.
7. Пронина Г. И. Клиническая лабораторная диагностика. Практикум. СПб. : Лань, 2021. 88 с.
8. Уиллард М., Тведтен Г., Торнвальд Г. Лабораторная диагностика в клинике мелких домашних животных. М. : Аквариум, 2004. 432 с.
9. Хавкин А. И. Микробиоценоз кишечника и иммунитет // Русский медицинский журнал. 2003. № 11. С. 3–7.
10. Частная физиология. Физиология собак и кошек / В. Г. Скопичев [и др.]. Москва : КолосС, 2008. 463 с.
11. Barry A. K., Vester B. M. Prebiotics in companion and livestock animal nutrition // Prebiotics and Probiotics Science and Technology. London : Springer Science + Business Media, LLC, 2009. P. 353–463.
12. Gibson G. R., Berry-Ottaway P., Rastall R. A. Prebiotics: new developments in functional food. UK, Oxford : Chandos Publishing Limited, 2000. 146 p.
13. Gibson, G. R., Roberfroid M. Dietary modulation of the human colonic microflora: introducing the concept of prebiotics // Journal of Nutrition. 1995. Vol. 125. P. 1401–1412.
14. Topping D. L., Clifton P. M. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides // Physiological Reviews. 2001. Vol. 81. P. 1031–1064.
15. Wenk C. Prebiotics in companion animals // Recent Advances in Pet Nutrition. Nottingham : University Press, 2006. P. 45–55.
16. Zentek J., Marquart B., Pietrzak T. Intestinal effects of mannanoligosaccharides, transgalactooligosaccharides, lactose and lactulose in dogs // Journal of Nutrition. 2002. Vol. 132. P. 1682–1684.

References

1. Ardatskaia M. D., Bel'mer S. V., Dobritsa V. P. [et al.]. Disbioz (disbakterioz) kishechnika: sovremennoe sostoianie problemy, kompleksnaia diagnostika i lechebnaia korrektsiia [Dysbiosis (dysbacteriosis) of the intestine: current state of the problem, complex diagnostics and therapeutic correction]. *Eksperimental'naiia i klinicheskaia gastroenterologiiia*. – *Experimental and clinical gastroenterology*, 2015; 5 (117): 13–50 (in Russ.).
2. Ivanon A. A. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika [Clinical laboratory diagnostics]*, Sankt-Peterburg, Lan', 2017, 432 p. (in Russ.).
3. Lazareva T. S., Zhvaniia F. F. Zheludochno-kishechnyi trakt, mikroflora i immunitet [Gastrointestinal tract, microflora and immunity]. *Pediatricheskaiia farmakologiiia*. – *Pediatric Pharmacology*, 2009; 6: 46–50 (in Russ.).
4. Lazarenko L. V. Pokazateli klinicheskogo analiza krovi sobak v raznye sezony goda [Indicators of the clinical analysis of blood of dogs in different seasons of the year] Proceeding

from *Podgotovka spetsialistov silovykh struktur: problemy, perspektivy, tendentsii razvitiia – Training of specialists of law enforcement agencies: problems, prospects, development trends*, (PP. 117–120), Perm, Permskii voennyi institut voisk natsional'noi gvardii Rossiiskoi Federatsii, 2016 (in Russ.).

5. Lazarenko L. V., Chepkasova S. Iu., Poptsova O. S. Pishchevye reaktsii krovi u monogastrichnykh zhivotnykh (sobaki) [Food reactions of blood in monogastric animals (dogs)]. *Vestnik miasnogo skotovodstva. – Bulletin of beef cattle breeding*, 2017; 4: 147–153 (in Russ.).

6. Bazhibina E. B., Korobov A. V., Sereda S. V., Saprykin V. P. *Metodologicheskie osnovy otsenki kliniko-morfologicheskikh pokazatelei krovi domashnikh zhivotnykh [Methodological foundations for assessing the clinical and morphological parameters of the blood of domestic animals]*, Moscow, Akvarium, 2005, 128 p. (in Russ.).

7. Pronina G. I. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika. Praktikum [Clinical laboratory diagnostics. Workshop]*, Sankt-Peterburg, Lan', 2021, 88 p. (in Russ.).

8. Uillard M., Tvedten G., Tornval'd G. *Laboratornaia diagnostika v klinike melkikh domashnikh zhivotnykh [Laboratory diagnostics in the clinic of small domestic animals]*, Moscow, Akvarium, 2004, 432 p. (in Russ.).

9. Khavkin A. I. Mikrobiotsenoz kischechnika i immunitet [Intestinal microbiocenosis and immunity]. *Russkii meditsinskii zhurnal. – Russian Medical Journal*, 2003; 11: 3–7 (in Russ.).

10. Skopichev V. G., Eysymont T. A., Karpenko L. Iu. [et al.]. *Chastnaia fiziologiya. Fiziologiya sobak i koshek [Private physiology. Physiology of dogs and cats]*, Moscow, KolosS, 2008, 463 p. (in Russ.).

11. Barry A. K., Vester B. M. *Prebiotics in companion and livestock animal nutrition // Prebiotics and Probiotics Science and Technology*, London, Springer Science + Business Media, LLC, 2009. P. 353–463.

12. Gibson G. R., Berry-Ottaway P., Rastall R. A. *Prebiotics: new developments in functional food*, UK, Oxford, Chandos Publishing Limited, 2000, 146 p.

13. Gibson G. R., Roberfroid M. Dietary modulation of the human colonic microflora: introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, 1995; 125: 1401–1412.

14. Topping D. L., Clifton P. M. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiological Reviews*, 2001; 81: 1031–1064.

15. Wenk C. *Prebiotics in companion animals // Recent Advances in Pet Nutrition*, UK, Nottingham, University Press, 2006, P. 45–55.

16. Zentek J., Marquart B., Pietrzak T. Intestinal effects of mannanoligosaccharides, transgalactooligosaccharides, lactose and lactulose in dogs. *Journal of Nutrition*, 2002; 132: 1682–1684.

© Лазаренко Л. В., 2021

Статья поступила в редакцию 28.09.2021; одобрена после рецензирования 15.10.2021; принята к публикации 08.11.2021.

The article was submitted 28.09.2021; approved after reviewing 15.10.2021; accepted for publication 08.11.2021.

Информация об авторах

Лазаренко Людмила Викторовна, кандидат ветеринарных наук, Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний Российской Федерации, lazarenko.mila2012@yandex.ru

Information about authors

Ludmila V. Lazarenko, Candidate of Veterinary Sciences, Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russian Federation, lazarenko.mila2012@yandex.ru

УДК 619:615.015;591.4

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-111-118

Анализ корреляционных взаимосвязей параметров антиоксидантного статуса и некоторых гематологических показателей у лабораторных животных в условиях ультрафиолетового облучения и введения сукцинатсодержащих препаратов

Антон Павлович Лашин¹, Наталья Владимировна Симонова²,
Ирина Юрьевна Саяпина³

¹ Дальневосточный государственный аграрный университет, Амурская область, Благовещенск, Россия

^{2,3} Амурская государственная медицинская академия, Амурская область, Благовещенск, Россия

² simonova.agma@yandex.ru

Аннотация. Проведен анализ корреляционных взаимосвязей параметров антиоксидантного статуса и некоторых гематологических показателей у лабораторных животных в условиях ультрафиолетового облучения и введения сукцинатсодержащих препаратов с использованием критерия корреляции Пирсона. Установлено, что введение лабораторным животным янтарной кислоты в дозе 100 мг/кг ежедневно внутрибрюшинно в течение 14 дней в условиях ультрафиолетового облучения способствует формированию сильных обратных корреляционных связей между степенью накопления малонового диальдегида и количеством эритроцитов, гемоглобина, тромбоцитов. Применение янтарной кислоты позволило установить сильное взаимодействие между церулоплазмином, каталазой и эритроцитами, тромбоцитами, что указывает на нормализацию гематологических показателей с повышением активности антиоксидантной системы. В сравнении с янтарной кислотой, формированием больших по количеству и более выраженных по силе корреляционных связей отличилось использование реамберина. Введение комбинированного препарата в дозе 100 мг/кг по сукцинату ежедневно внутрибрюшинно в течение 14 дней сопровождалось корреляционной зависимостью между малоновым диальдегидом и эритроцитами, гемоглобином, тромбоцитами и лейкоцитами. Кроме того, при использовании реамберина установлена сильная прямая связь в трех парах – каталазы с количеством эритроцитов, гемоглобина и тромбоцитов. Таким образом, результаты корреляционного анализа позволяют констатировать увеличение прочности взаимосвязей между параметрами антиоксидантного статуса и гематологическими показателями при введении сукцинатсодержащих препаратов, что подтверждает антиоксидантные свойства янтарной кислоты, способной осуществлять коррекцию патологических изменений в системе гомеостаза.

Ключевые слова: корреляционные связи, антиоксидантный статус, эритроциты, гемоглобин, тромбоциты, лейкоциты, ультрафиолетовое облучение, янтарная кислота, реамберин, крысы

Для цитирования: Лашин А. П., Симонова Н. В., Саяпина И. Ю. Анализ корреляционных взаимосвязей параметров антиоксидантного статуса и некоторых гематологических показателей у лабораторных животных в условиях ультрафиолетового облучения и введения сукцинатсодержащих препаратов // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 111–118. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-111-118.

Analysis of correlation relationships of the antioxidant status parameters and some hematological indicators in laboratory animals under conditions of ultraviolet irradiation and administration of succinate-containing drugs

Anton P. Lashin¹, Natalia V. Simonova², Irina Yu. Sayapina³

¹ Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

^{2,3} Amur State Medical Academy, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

² simonova.agma@yandex.ru

Abstract. The analysis of correlations between the parameters of the antioxidant status and some hematological parameters in laboratory animals under ultraviolet irradiation and the administration of succinate-containing preparations was carried out using the Pearson correlation criterion. It was established that the administration of succinic acid in laboratory animals at a dose of 100 mg/kg daily intraperitoneally for 14 days under ultraviolet irradiation promoted the formation of strong inverse correlations between the degree of accumulation of malondialdehyde and the number of erythrocytes, hemoglobin, platelets. The use of succinic acid made it possible to establish a strong interaction between ceruloplasmin, catalase and erythrocytes, platelets, which indicated the normalization of hematological parameters with an increase in the activity of the antioxidant system. In comparison with succinic acid, the use of Reamberin was distinguished by the formation of correlations that were larger in number and more expressed in strength. The administration of the combined preparation at a dose of 100 mg/kg of succinate intraperitoneally daily for 14 days was accompanied by a correlation dependence between malondialdehyde and erythrocytes, hemoglobin, platelets and leukocytes. In addition, when using Reamberin, a strong direct relationship was established in three pairs – catalase with the number of erythrocytes, hemoglobin and platelets. Thus, the results of the correlation analysis make it possible to state an increase in the strength of the relationship between the parameters of the antioxidant status and hematological parameters upon administration of succinate-containing preparations, which confirms the antioxidant properties of succinic acid, which is capable of correcting pathological changes in the homeostasis system.

Keywords: correlations, antioxidant status, erythrocytes, hemoglobin, platelets, leukocytes, ultraviolet irradiation, succinic acid, reamberin, rats

For citation: Lashin A. P., Simonova N. V., Sayapina I. Yu. Analysis of correlation relationships of the antioxidant status parameters and some hematological indicators in laboratory animals under conditions of ultraviolet irradiation and administration of succinate-containing drugs. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 111–118. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-111-118.

Основным результатом биологического научного исследования, как правило, является установление взаимосвязей между отдельными параметрами с последующим изучением возможности повлиять на установленные зависимости различными физическими, химическими, фармакологическими и др. агентами [5, 8]. Среди наиболее востребованных методов параметрической статистики особое место занимает критерий корреляции Пирсона, позволяющий определить изменение одного показателя в ответ на динамику другого [1].

Корреляционный анализ, разработанный в конце девятнадцатого века британскими учеными Фрэнсисом Эджуортом и Рафаэлем Уэлдоном под руководством Карла Пирсона, позволяет установить силу корреляционной связи между двумя количественными параметрами и её направление (прямая или обратная), что облегчает исследователю интерпретацию данных и констатацию выводов в клинике и эксперименте.

Учитывая, что многочисленными исследованиями, проведенными нами ранее, было доказано формирование окислительной нагрузки на организм при ультрафиолетовом облучении (УФО) [6, 7], установление корреляционных зависимостей между параметрами антиоксидантного статуса и некоторыми гематологическими показателями позволит оценить позитивное влияние фармакокоррекции.

Цель работы состоит в проведении анализа корреляционных взаимосвязей параметров антиоксидантного статуса и некоторых гематологических показателей у лабораторных животных в условиях УФО и введения сукцинатсодержащих препаратов.

Материалы и методы исследования. В течение двух недель на базе вивария Центральной научно-исследовательской лаборатории Амурской государственной медицинской академии (г. Благовещенск) проводили исследования, включающие наблюдения за четырьмя группами белых беспородных крыс-самцов:

– первую группу животных ($n = 20$) содержали в стандартных условиях вивария;

– во второй группе крыс ($n = 20$) ежедневно применяли УФО (длительность воздействия три минуты) после внутрибрюшинного введения 20 мл/кг 0,9-процентного раствора натрия хлорида (контрольная группа);

– в третьей группе ($n = 20$) крысам после внутрибрюшинного введения 20 мл/кг янтарной кислоты (доза сукцината 100 мг/кг) ежедневно применяли УФО с длительностью воздействия три минуты (первая опытная группа);

– в четвертой группе ($n = 20$) крысам после внутрибрюшинного введения 20 мл/кг реамберина (доза 100 мг/кг по сукцинату) ежедневно применяли УФО с длительностью воздействия три минуты (вторая опытная группа) [10].

После декапитации крыс (14-й день опыта) оценивали гематологические параметры и интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ), определяя в плазме крови концентрацию гидроперекисей липидов (ГЛ), диеновых конъюгатов (ДК), малонового диальдегида (МДА) и компонентов антиоксидантной системы (АОС) – церулоплазмينا (ЦП), витамина Е, каталазы по методикам, изложенным в ранее опубликованных нами работах [2, 3, 9, 12] с последующей обработкой результатов в программе «*Statistica v.6.0*» (Statsoft Inc., США) с помощью t-критерия Стьюдента.

Исследование связи между количественными признаками осуществляли с применением парного коэффициента линейной корреляции Пирсона (r). Если его значение составляет от 0,7 до 1,0 – наблюдается сильная зависимость; от 0,69 до 0,3 – умеренная зависимость; и менее 0,29 – слабая зависимость. При статистическом анализе критический уровень значимости (p) был равным 0,05.

Результаты исследований и обсуждение. Анализ корреляционных связей между параметрами антиоксидантного статуса и некоторыми гематологическими показателями в контрольной группе крыс позволил установить наличие зависимости количества эритроцитов, гемоглоби-

на, тромбоцитов от содержания продуктов ПОЛ (рис. 1).

Была зарегистрирована сильная обратная связь в парах: 1) МДА и эритроциты ($r =$ минус 0,79, при $p < 0,05$); 2) МДА и тромбоциты ($r =$ минус 0,80, при $p < 0,05$).

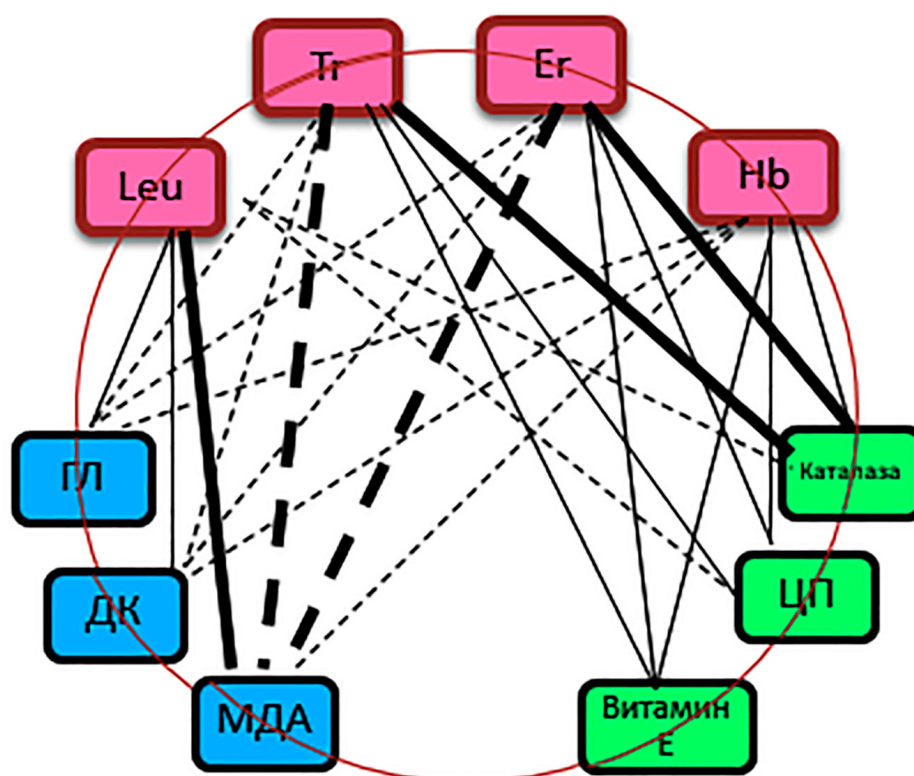
Умеренная обратная связь наблюдалась в парах: 1) МДА и гемоглобин ($r =$ минус 0,65, при $p < 0,05$); 2) ГЛ и тромбоциты ($r =$ минус 0,62, при $p < 0,05$).

Это свидетельствует о снижении количества вышеобозначенных гематологических показателей в динамике накопления продуктов перекисидации. В свою очередь, повышение интенсивности процессов липоперекисидации сопровождается увеличением количества лейкоцитов, на что указывает сильная прямая связь в паре МДА и лейкоциты ($r = 0,76$, $p < 0,05$), умеренная прямая связь в паре ДК и лейкоциты ($r = 0,65$, $p < 0,05$).

Корреляционный анализ между основными компонентами АОС и гематологическими показателями в условиях УФО позволил выявить прямую умеренную зависимость между содержанием эритроцитов и ЦП ($r = 0,66$, при $p < 0,05$), количеством тромбоцитов и ЦП ($r = 0,54$, при $p < 0,05$). Обозначенные параметры крови формировали сильную прямую связь с каталазой (парный коэффициент линейной корреляции Пирсона составил 0,72 и 0,79 соответственно, при $p < 0,05$).

В первой опытной группе были зафиксированы сильные корреляционные связи между: 1) содержанием эритроцитов и МДА ($r =$ минус 0,85, при $p < 0,05$); 2) концентрацией гемоглобина и МДА ($r =$ минус 0,79, при $p < 0,05$); 3) числом тромбоцитов и МДА ($r =$ минус 0,85, при $p < 0,05$). Причем все три пары имели обратную по направлению связь, отражающую снижение гематологических показателей в ответ на накопление вторичного продукта перекисидации (рис. 2).

В комбинациях эритроциты и ГЛ ($r =$ минус 0,61, $p < 0,05$), эритроциты и ДК ($r =$ минус 0,66, $p < 0,05$), гемоглобин и ГЛ ($r =$ минус 0,66, $p < 0,05$) установлена умеренная обратная корреляционная связь, что позволяет констатировать отрицательную динамику эритроцитов и гемоглобина в условиях увеличения концентрации первичных продуктов ПОЛ. Прямая умерен-



———— – сильная прямая связь (r от 0,7 до 1,0);
 ———— – умеренная прямая связь (r от 0,3 до 0,69);
 - - - - - – сильная обратная связь (r от минус 0,7 до 1,0);
 - - - - - – умеренная обратная связь (r от минус 0,3 до минус 0,69);
 ГЛ – гидроперекиси липидов, ДК – диеновые конъюгаты,
 МДА – малоновый диальдегид, ЦП – церулоплазмин, Leu – лейкоциты,
 Tr – тромбоциты, Eg – эритроциты, Hb – гемоглобин

Рисунок 1 – Корреляционные связи между параметрами антиоксидантного статуса и гематологическими показателями у лабораторных животных в условиях УФО

ная зависимость зарегистрирована между количеством лейкоцитов и ГЛ (r составил 0,55, при $p < 0,05$).

Применение янтарной кислоты способствовало формированию сильных прямых взаимосвязей между эритроцитами и ЦП ($r = 0,75$, при $p < 0,05$). Данный гематологический параметр зависит от каталазной активности ($r = 0,79$, при $p < 0,05$), которая влияет на количество тромбоцитов ($r = 0,75$, при $p < 0,05$).

Аналогичная по направлению и уступающая по силе связь зарегистрирована в парах, представленных ЦП, – с тромбоцитами ($r = 0,69$, при $p < 0,05$), гемоглобином ($r = 0,66$, при $p < 0,05$). Причем с последним показателем установлена зависимость от каталазы ($r = 0,54$, $p < 0,05$), что позволяет констатировать улучшение

гематологических параметров с увеличением активности ферментативного звена антиоксидантной защиты.

Во второй опытной группе установлено преобладающее количество корреляционных связей, более выраженных по силовой характеристике (рис. 3).

Сильная связь зарегистрирована между МДА и всеми изучаемыми гематологическими параметрами (парный коэффициент линейной корреляции Пирсона составил соответственно минус 0,79, минус 0,89, минус 0,79 и 0,78, при $p < 0,05$). Прямая по направлению связь отмечена лишь в паре МДА и лейкоциты.

Анализ корреляционной зависимости первичных продуктов ПОЛ показал:

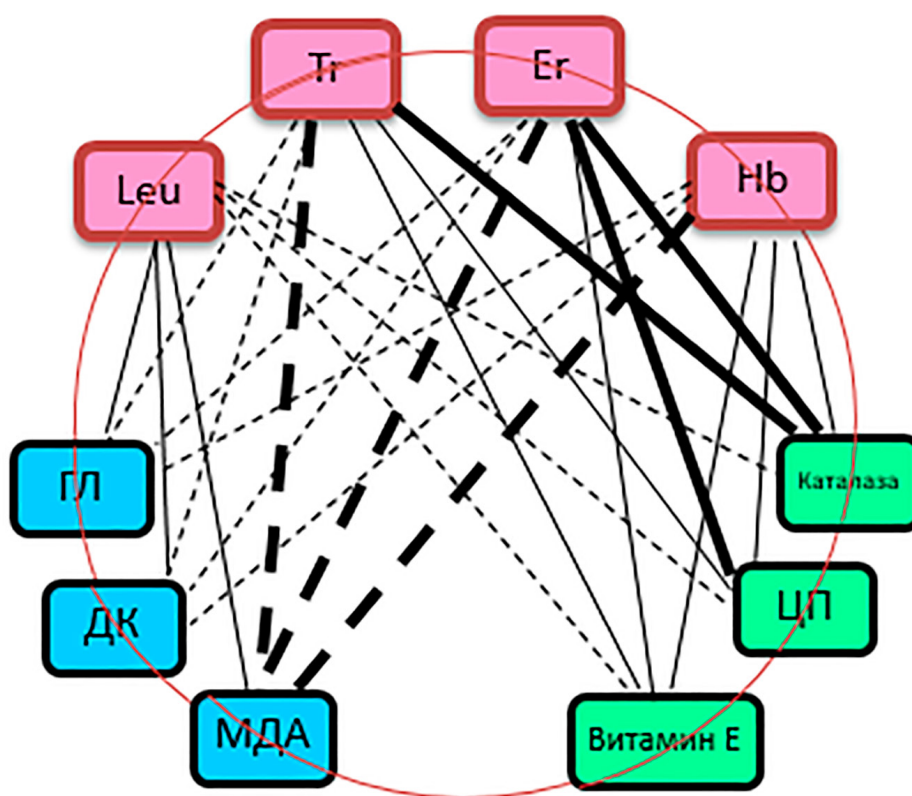


Рисунок 2 – Корреляционные связи между параметрами антиоксидантного статуса и гематологическими показателями у лабораторных животных в условиях УФО и введения янтарной кислоты

1) наличие сильной обратной связи в паре эритроциты и ГЛ ($r = \text{минус } 0,70$, при $p < 0,05$);

2) умеренной обратной связи между эритроцитами и ДК ($r = \text{минус } 0,57$, при $p < 0,05$), а также между гемоглобином и ГЛ ($r = \text{минус } 0,64$, при $p < 0,05$).

Умеренной по силе и прямой по направлению характеризовались связи между лейкоцитами и ГЛ ($r = 0,69$, $p < 0,05$), теми же клетками крови и ДК ($r = 0,55$, при $p < 0,05$).

Сильную прямую зависимость количества эритроцитов, гемоглобина и тромбоцитов от активности каталазы (парный коэффициент линейной корреляции Пирсона составил $0,89$; $0,72$ и $0,89$ соответственно, при $p < 0,05$) дополняет умеренная прямая корреляционная связь между теми же параметрами крови и ЦП ($r = 0,66$, $0,56$ и $0,64$ соответственно, при $p < 0,05$), что указывает на позитивное влияние реамберина на гематологические показатели в условиях УФО за счет нормализации

антиоксидантного статуса теплокровного организма [6, 12].

Таким образом, результаты корреляционного анализа позволяют констатировать увеличение прочности взаимосвязей между параметрами антиоксидантного статуса и гематологическими показателями при введении сукцинатсодержащих лекарственных средств, что подтверждает антиоксидантную активность янтарной кислоты, корригирующей патологические изменения в системе гомеостаза.

Анализ эффективности «чистой» янтарной кислоты и комбинированного препарата реамберин в сравнительном аспекте позволил установить преимущества последнего, подтверждаемые более выраженной способностью к установлению жестких корреляционных взаимосвязей.

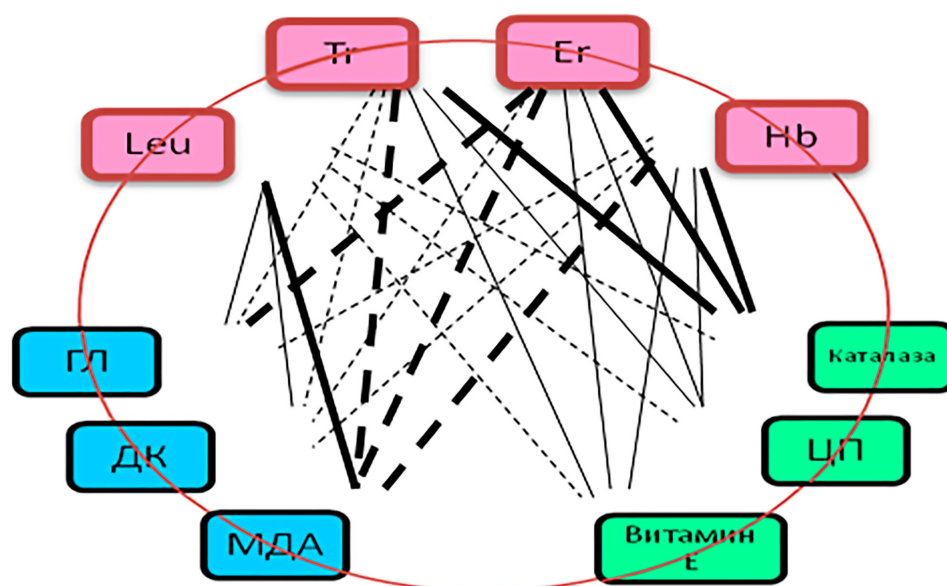


Рисунок 3 – Корреляционные связи между параметрами антиоксидантного статуса и гематологическими показателями у лабораторных животных в условиях УФО и введения реамберина

Список источников

1. Ильин В. П. Корреляционный анализ количественных данных в медико-биологических исследованиях // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2013. № 4 (92). С. 125–130.
2. Лашин А. П., Симонова Н. В., Симонова Н. П. Фитокоррекция окислительного стресса у телят // Ветеринария. 2017. № 2. С.46–48.
3. Лашин А. П., Симонова Н. В., Симонова Н. П. Фитопрофилактика диспепсии у новорожденных телят // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 9 (108). С.189–192.
4. Оковитый С. В., Шуленин С. Н., Смирнов А. В. Клиническая фармакология антигипоксантов и антиоксидантов. СПб. : ФАРМиндекс, 2005. 72 с.
5. Рациональная антимикробная фармакотерапия: руководство для практикующих врачей / И. А. Александрова [и др.]. М. : Литтерра, 2015. 1040 с.
6. Симонова Н. В. Настои лекарственных растений и окислительный стресс в условиях ультрафиолетового облучения // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. 2011. № 8. С. 23–26.
7. Симонова Н. В. Фитопрепараты в коррекции процессов перекисного окисления липидов биомембран, индуцированных ультрафиолетовым облучением // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2009. № 2 (29). С. 119–124.
8. Симонова Н. В. Фитопрепараты в коррекции процессов перекисного окисления липидов биомембран, индуцированных ультрафиолетовым облучением: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Благовещенск, 2012. 46 с.
9. Симонова И. В., Доровских В. А., Симонова Н. В. Фитопрепараты в профилактике заболеваний органов дыхания у детей // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2015. № 55. С. 54–58.
10. Сравнительная эффективность ремаксоло и реамберина при поражении печени четыреххлористым углеродом в эксперименте / Симонова Н. В. [и др.] // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2018. Т. 81. № 7. С. 29–33.

11. Швец О. М. Теоретическое и экспериментальное обоснование применения янтарной кислоты для потенцирования биологической активности иммуномодуляторов и их клиническая эффективность: автореф. дис. ... докт. ветер. наук. Курск, 2015. 42 с.

12. Эффективность реамберина в коррекции процессов перекисного окисления липидов в плазме крови больных раком яичников / Д. А. Бондаренко [и др.] // Онкология. Журнал им. П. А. Герцена. 2018. Т. 7. № 6. С. 40–44.

References

1. Il'in V. P. Korreliatsionnyi analiz kolichestvennykh dannykh v mediko-biologicheskikh issledovaniiaxh [Correlation analysis of quantitative data in biomedical research]. *Biulleten' VSNTs SO RAMN. – Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*, 2013; 4 (92): 125–130 (in Russ.).

2. Lashin A. P., Simonova N. V., Simonova N. P. Fitokorreksiia okislitel'nogo stressa u teliat [Phytoprofitaxion of Oxidation Stress of Calves]. *Veterinariia. – Veterinary medicine*, 2017; 2: 46–48 (in Russ.).

3. Lashin A. P., Simonova N. V., Simonova N. P. Fitoprofilaktika dispepsii u novorozhdennykh teliat [Phytoprophylaxis of dyspepsia in newborn calves]. *Vestnik Krasnoiar'skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2015; 9 (108): 189–192 (in Russ.).

4. Okovityi S. V., Shulenin S. N., Smirnov A. V. *Klinicheskaiia farmakologiia antigipoksantov i antioksidantov [Clinical pharmacology of antihypoxants and antioxidants]*, Sankt-Petersburg, FARMindeks, 2005, 72 p. (in Russ.).

5. Aleksandrova I. A., Astsaturova O. R., Beloborodov V. B., Eliseeva E. V. *Ratsional'naia antimikrobnaiia farmakoterapiia: rukovodstvo dlia praktikuiushchikh vrachei [Rational antimicrobial pharmacotherapy: a guide for practicing physicians]*, Moscow, Litterra, 2015, 1040 p. (in Russ.).

6. Simonova N. V. Nastoi lekarstvennykh rastenii i okislitel'nyi stress v usloviiakh ul'trafiioletovogo oblucheniia [Tinctures of herbs and oxidation stress under ultraviolet irradiation]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova. – Bulletin of Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov*, 2011; 8: 23–26 (in Russ.).

7. Simonova N. V. Fitopreparaty v korrektsii protsessov perekisnogo okisleniia lipidov biomembran, indutsirovannykh ul'trafiioletovym oblucheniiem [Phytopreparations in the correction of lipid peroxidation processes of biomembranes induced by ultraviolet irradiation]. *Vestnik Krasnoiar'skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2009; 2 (29): 119–124 (in Russ.).

8. Simonova N. V. Fitopreparaty v korrektsii protsessov perekisnogo okisleniia lipidov biomembran, indutsirovannykh ul'trafiioletovym oblucheniiem [Phytopreparations in the correction of lipid peroxidation processes of biomembranes induced by ultraviolet irradiation]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Blagoveshchensk, 2012, 46 p. (in Russ.).

9. Simonova I. V., Dorovskikh V. A., Simonova N. V. Fitopreparaty v profilaktike zaboilevanii organov dykhaniia u detei [Phytopreparations in the prevention of respiratory diseases in children]. *Biulleten' fiziologii i patologii dykhaniia. – Bulletin of physiology and pathology of respiration*, 2015; 55: 54–58 (in Russ.).

10. Simonova N. V., Dorovskikh V. A., Bondarenko D. A., Nosal' L. A., Shtarberg M. A. Sravnitel'naia effektivnost' remaksola i reamberina pri porazhenii pecheni chetyrekhkhlorigim uglerodom v eksperimente [Comparative efficacy of remaxol and reamberin in liver damage with carbon tetrachloride in experiment]. *Eksperimental'naia i klinicheskaiia farmakologiia. – Experimental and clinical pharmacology*, 2018; 7 (81): 29–33 (in Russ.).

11. Shvets O. M. Teoreticheskoe i eksperimental'noe obosnovanie primeneniia iantarnoi kisloty dlia potentsirovaniia biologicheskoi aktivnosti immunomoduliatorov i ikh klinicheskaiia effektivnost' [Theoretical and experimental substantiation of the use of succinic acid for potentiation of the biological activity of immunomodulators and their clinical effectiveness]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kursk, 2015, 42 p. (in Russ.).

12. Bondarenko D. A., Smirnov D. V., Simonova N. V., Dorovskikh V. A. Effektivnost' reamberina v korrektsii protsessov perekisnogo okisleniia lipidov v plazme krovi bol'nykh rakom

iaichnikov [Efficacy of reamberin in the correction of lipid peroxidation processes in the plasma of patients with ovarian cancer]. *Onkologiya. Zhurnal im. P. A. Gertsena. – Oncology. P. A. Herzen Magazine*, 2018; 7; 6: 40–44 (in Russ.).

© Лашин А. П., Симонова Н. В., Саяпина И. Ю., 2021

Статья поступила в редакцию 07.09.2021; одобрена после рецензирования 27.09.2021; принята к публикации 28.10.2021.

The article was submitted 07.09.2021; approved after reviewing 27.09.2021; accepted for publication 28.10.2021.

Информация об авторах

Лашин Антон Павлович, кандидат биологических наук, доцент кафедры патологии, морфологии и физиологии, Дальневосточный государственный аграрный университет;

Симонова Наталья Владимировна, доктор биологических наук, профессор кафедры госпитальной терапии с курсом фармакологии, Амурская государственная медицинская академия, simonova.agma@yandex.ru;

Саяпина Ирина Юрьевна, доктор биологических наук, профессор кафедры гистологии и биологии, Амурская государственная медицинская академия

Information about authors

Anton P. Lashin, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Department of Pathology, Morphology and Physiology, Far Eastern State Agrarian University;

Natalia V. Simonova, Doctor of Biological Sciences, Professor of Department of Hospital Therapy with Pharmacology Course, Amur State Medical Academy, simonova.agma@yandex.ru;

Irina Yu. Sayapina, Doctor of Biological Sciences, Professor of Department of Histology and Biology, Amur State Medical Academy

УДК 636.087.7+636.064

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-119-126

**Влияние углеводных заменителей молока на показатели роста,
индексы тела и усвояемость питательных веществ у телят чёрно-пестрой породы**

**Никита Игоревич Максимов¹, Антон Павлович Лашин²,
Ромазан Закарьянович Сиразиев³**

^{1,2} Дальневосточный государственный аграрный университет, Амурская область,
Благовещенск, Россия

³ Иркутская межобластная ветеринарная лаборатория, Иркутская область,
Иркутск, Россия

³ szr1963@mail.ru

Аннотация. Целью эксперимента явилось изучение влияния заменителей молока с содержанием различных источников сахара на показатели роста, индекс массы тела телят и усвояемость питательных веществ корма. Для проведения исследования были отобраны 20 новорожденных телят черно-пестрой породы 30-ти дневного возраста. Телят разделили на четыре группы (контрольная и три опытных), по пять голов в каждой. Контрольную группу кормили по схеме, принятой в хозяйстве, а первой, второй и третьей опытным группам, в качестве углеводных заменителей молока, давали глюкозу, сухую сыворотку и кукурузный крахмал соответственно. В процессе проведения опыта, телят взвешивали на 30-й, 45-й, 60-й и 75-й дни, проводили измерения промеров тела, каждый день регистрировали признаки диареи. Опыт проводили в два этапа, соответствующих следующим возрастным периодам: 35–43 и 65–73 дня. Так, на завершающем этапе исследования среднесуточный прирост во всех трех опытных группах увеличился, но наилучший результат показала группа животных, получавшая сухую сыворотку, в то же время в контрольной группе изменения были незначительные. Кажущаяся усвояемость питательных веществ на начальном этапе исследования также имела тенденцию к изменению внутри опытных групп. Однако на втором этапе исследования данные показатели во всех опытных группах были значительно увеличены, в отличие от контроля. Частота диареи у телят в начальный период исследования была выше, но с 45-дневного возраста этот показатель постепенно снижался, а на более позднем этапе эксперимента он достиг минимального порогового значения. Таким образом, в эксперименте наилучшим углеводным заменителем молока стала сухая сыворотка, за ней следовала глюкоза. Кукурузный крахмал показал плохой эффект на ранней стадии, однако эффект постепенно улучшался по мере увеличения возраста теленка.

Ключевые слова: телята, источник сахара, заменитель молока, показатели роста, усвояемость питательных веществ, диарея

Для цитирования: Максимов Н. И., Лашин А. П., Сиразиев Р. З. Влияние углеводных заменителей молока на показатели роста, индексы тела и усвояемость питательных веществ у телят чёрно-пестрой породы // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 119–126. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-119-126.

**Effect of carbohydrate milk replacers on growth performance,
body indices and nutrient digestibility in calves of black-and-white breed**

Nikita I. Maksimov¹, Anton P. Lashin², Romazan Z. Siraziev³

^{1,2} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

³ Irkutsk Interregional Veterinary Laboratory, Irkutsk region, Irkutsk, Russia

³ szr1963@mail.ru

Abstract. The aim of the experiment was to study the effect of milk replacers differing in sugar source on growth performance, body mass index of calves and nutrient digestibility of feed.

For the study, 20 newborn calves of black-and-white breed at 30-day-old were selected and divided into 4 groups (control and three experimental), 5 heads each. The control group was fed according to the feeding scheme adopted on the farm, and the 1st, 2nd and 3rd experimental groups were fed with glucose, dried whey and corn starch as carbohydrate milk replacers, respectively. During the experiment, calves were weighed on the 30th, 45th, 60th and 75th days, body measurements were taken, and the signs of diarrhea were recorded every day. The experiment was carried out in two stages in the age period of 35–43 and 65–73 days. So, at the final stage of the study the average daily gain in all experimental groups increased, but the best result was shown by the animal group, fed with dried whey, while the changes in the control group were insignificant. The apparent digestibility of nutrients at the initial stage of the study also tended to change within the experimental groups. However, at the second stage of the study, these indicators in all experimental groups were significantly increased, in contrast to the control. The frequency of diarrhea in calves was higher at the initial stage of the study, but after 45 days of age, this indicator gradually declined, and at the later stage of the study, it reached the minimum threshold value. Thus, in the experiment, dried whey became the best carbohydrate milk replacer, followed by glucose. The corn starch showed a poor effect at the initial stage of the study, but the effect gradually improved as the calf grew older.

Keywords: calves, source of sugar, milk replacer, growth performance, nutrient digestibility

For citation: Maksimov N. I., Lashin A. P., Siraziev R. Z. Effect of carbohydrate milk replacers on growth performance, body indices and nutrient digestibility in calves of black-and-white breed. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 119–126. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-119-126.

Источник сахара в рационе является важным источником энергии для животных, играет значительную роль в питании жвачных и является основным фактором, влияющим на качество заменителя молока и производственные затраты. По сравнению со странами с более развитой молочной промышленностью, заменители молока в некоторых регионах достаточно бедны по химическому составу и имеют высокую себестоимость, что серьёзно препятствует их применению в животноводстве. Поэтому разработка и использование немолочного сырья с высоким энергетическим уровнем – это важное перспективное направление современного животноводства, что напрямую может отразиться на улучшении показателей роста телят и нормализации, в физиологическом значении, ферментации рубца.

В нашем исследовании телят черно-пестрой породы использовали для изучения влияния различных заменителей молока, содержащих сахар, на показатели роста и усвояемость питательных веществ в разные периоды опыта, с целью проведения сравнительной оценки. Полученные данные могут стать основой для дальнейшего развития и применения заменителей молока в современном промышленном животноводстве.

Материал и методы исследования.

Исследования проводились совместно с факультетом ветеринарии Северо-Восточ-

ного сельскохозяйственного университета провинции Хэйлунцзян города Харбин Китайской Народной Республики. В качестве экспериментального сырья (заменителей молока) применялись сухая сыворотка, глюкоза, кукурузная мука, которые были подготовлены с учетом содержания: общей энергии – 6,78 МДж/кг, сырого протеина – 15 %, сырого жира – 3,1 %, сырой золы – 4,5 %, кальция – 0,8 %, фосфора – 0,5 %.

Для проведения опыта по принципу пар-аналогов были отобраны 20 здоровых новорожденных телят чёрно-пестрой породы с учётом массы тела, возраста и параметров роста и развития. Животные были разделены на четыре группы: *контрольная группа* (схема кормления принятая в хозяйстве), *опытная группа 1* (заменитель молока – глюкоза), *опытная группа 2* (заменитель молока – сухая сыворотка), *опытная группа 3* (заменитель молока – кукурузный крахмал). Период проведения исследования составлял от 30- до 75-дневного возраста животных, длительность опыта – 45 дней.

Уровни питательных веществ в заменителях молока в каждой экспериментальной группе преимущественно аналогичны, за исключением основных источников сахара. Состав и уровень питательных веществ в заменителях молока определяли в соответствии с общепринятыми методиками (табл. 1).

Таблица 1 – Состав и питательная ценность углеводных заменителей молока

Показатели рациона	Первая опытная группа (n=5)	Вторая опытная группа (n=5)	Третья опытная группа (n=5)
Состав рациона, %			
Кукурузная мука	–	–	25
Порошковая сыворотка	–	29	–
Глюкоза	20	–	–
Соевый шрот	21	15	18
Экструдированный соевый шрот	14	11	12
Сухое обезжиренное молоко	40	40	40
Премикс*	5	5	5
Всего	100	100	100
Питательные вещества			
Сухое вещество, %	90,61	91,83	89,68
Сырой протеин, г	26,50	26,49	26,39
Чистая энергия, МДж/кг	4,65	4,69	4,65
Сырой жир, г	5,18	4,99	5,43
Линолевая кислота, %	2,32	2,17	2,58
Сырая клетчатка, г	1,90	1,46	2,01
Безазотный экстракт, %	27,50	28,17	26,08
Сырая зола, %	6,75	8,31	6,99
Кальций, г	0,90	0,95	0,92
Фосфор, г	0,79	0,77	0,81
* Премикс состоит из добавок минеральных элементов, витаминных добавок, пробиотиков, антиоксидантов.			

Телят кормили три раза в день. Предварительно заготавливали заменители молока в соотношении 1:5 с горячей водой. Ежедневное количество корма и заменителя молока в экспериментальной группе составляло 1,45 % от массы тела телёнка (в пересчете на сухое вещество), которое корректировалось в течение семи дней.

Телята контрольной группы находились на подсосе. Если потребление гранул телятами опытных групп достигало 600 г/сутки, количество корма с заменителем молока постепенно уменьшали. Если потребление гранул достигало 800 г/сутки, кормление заменителем молока прекращали и телята потребляли гранулы в комбинации с сеном люцерны и питьевой водой.

В течение экспериментального периода заменители молока и грубые корма подготавливали каждый день, смешивали и отбирали в пробы. Полученные образцы смешивали в соответствии с суточным соотношением потребления питательных веществ телёнком, в течение опытного

периода, каждую партию гранул обрабатывали, далее все образцы корма замораживали и сохраняли для дальнейшего использования.

Для определения индекса тела, в течение всего периода исследования взвешивали и измеряли косую длину туловища, высоту тела, обхват груди за лопатками, обхват пясти и ширину бедер телят в возрасте 30, 45, 60, 75 дней до утреннего кормления и регистрировали признаки диареи теленка, а также заболеваемость. Затем, согласно методике (*Castell Awaits, 2013*) рассчитывали среднесуточный прирост, индекс телосложения тела и частоту возникновения диареи для каждого возрастного этапа.

Частоту диареи, индекс сбитости, индекс формата или индекс растянутости и индекс массивности определяли по формулам (1)–(4):

$$\text{Частота диарей (\%)} = \frac{\text{число голов с признаками диарей} \cdot \text{число дней диарей}}{\text{число опытных голов} \cdot \text{число дней опыта}} \cdot 100, \quad (1)$$

$$\text{Индекс сбитости (\%)} = \frac{\text{обхват груди за лопатками (см)}}{\text{косая длина туловища (см)}} \cdot 100, \quad (2)$$

$$\text{Индекс формата (растянутости) (\%)} = \frac{\text{косая длина тела (см)}}{\text{высота в холке (см)}} \cdot 100, \quad (3)$$

$$\text{Индекс массивности (\%)} = \frac{\text{обхват груди за лопатками (см)}}{\text{высота в холке (см)}} \cdot 100 \quad (4)$$

Таблица 2 – Влияние углеводных заменителей молока на среднесуточный прирост телят, $M \pm m$

Показатели	Возраст, сут.	Контрольная группа (n=5)	Первая опытная группа (n=5)	Вторая опытная группа (n=5)	Третья опытная группа (n=5)
Живая масса, кг	30	68,3±1,07	69,1±1,31	68,7±1,23	67,9±1,61
	45	79,7±5,05	75,3±1,75*	76,7±2,76*	72,4±3,37*
	60	90,2±4,47	86,6±4,28*	90,1±4,03*	80,2±3,34*
	75	104,3±4,36	95,4±3,45**	101,0±4,91*	94,0±4,65**
Среднесуточный прирост, г	30–45	757,3±69,62	414,3±47,50**	527,3±61,62*	300,0±45,17**
	46–60	697,8±77,21	756,7±53,50***	896,7±81,18***	520,6±76,52*
	61–75	941,7±78,69	583,3±37,30*	726,7±83,46*	923,3±71,24*
	30–75	799,1±81,59	584,6±42,31*	718,2±77,64***	581,3±69,28*
* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p > 0,05.					

Как видно из таблицы 2, на начальном этапе исследования существенной разницы живой массы тела телят в первой и второй опытных группах по сравнению с контролем не наблюдалось. На 45 и 60 дни, в третьей опытной группе, живая масса была значительно ниже, чем в контрольной – на 10,0 % и на 11,4 % соответственно ($p < 0,05$). В 75-дневном возрасте телят, данный показатель в первой и третьей группе был значительно ниже, чем в контрольной – на 9,3 % и на 10,0 % соответственно, но незначительно меньше второй опытной группы – на 3,2 % ($p < 0,05$).

В возрасте 30–45 дней среднесуточный прирост живой массы в первой и третьей опытных группах был значительно ниже, чем в контрольной группе – на 45,3 % и на 60,4 % соответственно, а в

третьей опытной группе был значительно ниже, чем в первой и второй опытных группах – на 27,6 % и на 43,1 % соответственно. В возрасте 46–60 дней среднесуточные приросты в первой и второй опытных группах существенно не отличались от контрольной группы, а показатели третьей опытной группы были значительно ниже, чем в двух других опытных группах – на 31,2 % и 41,9 % соответственно. В возрасте 61–75 дней среднесуточный прирост в первой опытной группе был значительно ниже, чем в двух других опытных группах – на 19,7 % по отношению ко второй опытной группе и на 36,8 % к третьей опытной группе.

Поэтому, с точки зрения среднесуточного прироста, в течение всего периода не было значимой разницы между второй опытной и контрольной группами. Пока-

затели первой и третьей опытных групп были значительно ниже, чем контрольной и второй опытных групп, что привело к лучшему усвоению углеводов заменителей молока в организме телят.

Из таблицы 3 видно, что рост, обхват груди за лопатками и ширина бедер у подопытных телят существенно не отличались от таковых в контрольной группе на каждой возрастной стадии ($p > 0,05$).

Так, рост телят всех опытных групп был значительно интенсивнее в возрасте 60 дней, однако был ниже, чем в контрольной группе, а именно обхват груди за лопатками на 1,6 %, 0,9 %, 1,91 % соответственно, а ширина бедер на 8,71 %, 1,55 %, 4,8 % соответственно, что говорит о влиянии углеводов заменителей молока на промеры тела животных.

В 45-дневном возрасте телят, обхват груди за лопатками в первой опытной группе был значительно ниже, чем в контрольной – на 4,4 %. Также стоит отметить, что не было существенной разницы косой длины туловища у телят каждой группы на последовательной возрастной стадии. Так, в возрасте 60 дней косая длина туловища всех опытных групп оказалась значительно выше, чем в контрольной группе ($p < 0,05$). В возрасте 75 дней косая длина туловища в первой опытной группе и индекс обхвата груди за лопатками в третьей опытной группе были значительно ниже, чем во второй опытной группе исследуемых животных, что указывает на более выраженное влияние глюкозы и кукурузного крахмала, в качестве углеводов заменителей молока, чем сухой сыворотки.

Таблица 3 – Влияние различных углеводов заменителей молока на индексы тела телят, $M \pm m$

В сантиметрах

Промеры	Возраст, сут.	Контрольная группа (n=5)	Первая опытная группа (n=5)	Вторая опытная группа (n=5)	Третья опытная группа (n=5)
Длина туловища	30	77,3±1,51	77,2±0,62	77,3±1,21	76,2±1,31
	45	82,8±3,42	80,8±1,12	79,7±1,51	81,7±1,04
	60	87,0±1,71	81,8±3,41**	80,7±1,81**	82,1±2,91**
	75	89,2±2,31	90,8±2,41	88,1±3,12	87,1±1,51
Высота в холке	30	73,8±1,32	72,9±1,01	73,2±1,31	72,0±1,03
	45	78,5±0,52	77,4±1,32	76,2±0,62	75,0±1,32
	60	80,2±0,81	78,0±2,02	77,3±1,13	78,9±2,21
	75	82,0±1,01	81,1±1,21	80,5±2,71	81,9±1,41
Обхват груди за лопатками	30	93,0±1,01	93,9±2,21	92,3±1,22	93,3±1,53
	45	99,0±2,61	94,6±3,02**	96,3±4,11*	95,3±2,51*
	60	101,3±2,92	99,7±2,41	100,4±3,72	99,4±4,81
	75	105,7±1,50	103,4±3,32	105,0±3,12	102,7±2,21
Обхват пясти	30	13,0	13,0	13,0	13,0
	45	14,0	13,0	13,0	13,0
	60	14,0	13,0±0,20	13,7±0,31	13,8±0,20
	75	14,3±0,20	13,7±0,30	14,0	14,01
Ширина бедер	30	23,7±0,70	23,2±1,3	24,0±1,02	23,3±0,62
	45	25,8±1,0	23,5±0,40	24,3±0,51	23,8±0,62
	60	26,2±1,0	24,1±0,50	25,8±1,33	25,0±0,91
	75	27,2±0,30	27,1±0,60	27,3±0,81	27,0±0,42
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.					

**Таблица 4 – Влияние углеводных заменителей молока на частоту диареи телят
В процентах**

Возраст, сут.	Контрольная группа (n=5)	Первая опытная группа (n=5)	Вторая опытная группа (n=5)	Третья опытная группа (n=5)
30–45	2,67	4,00	2,67	8,00
46–60	2,67	5,33	2,67	5,30
61–75	0,00	0,00	0,00	0,00
30–75	1,78	3,11	1,78	4,45

Анализируя таблицу 4, можно сделать вывод, что в период 30–45 дней частота диареи в первой и третьей опытных группах была на 33,3 % и 66,6 % выше, чем в контрольной группе. В третьей опытной группе (в возрасте телят от 46 до 60 дней) данный показатель был выше, чем в контроле, на 49,6 %. Частота диареи в каждой группе упала до нуля после 60-дневного возраста. Частота диареи телят в каждой группе была низкой (менее 5 %) в течение всего эксперимента.

Частота диареи во второй опытной группе была такой же, как и в контрольной, а частота диареи в первой и третьей опытных группах была выше, чем у животных контрольной группы, что привело к нормализации обменных процессов, в частности, со стороны работы желудочно-кишечного тракта телят, за счет положительных качеств сухой сыворотки.

Таким образом, результаты данного исследования показывают, что разные заменители молока из источников сахара по-разному влияют на массу тела телёнка и среднесуточный прирост на разных этапах. Итоговые показатели в группе телят, получавших сухую сыворотку, в большей степени аналогичны показателям контрольной группы. У второй опытной группы (телята получали кукурузный крахмал) наблюдался медленный рост на ранней стадии и быстрый рост на более поздней стадии. Масса тела телёнка и среднесуточный прирост в каждой опытной группе медленно увеличивались и были ниже, чем в контрольной группе в возрасте от 30 до 45 дней. Секретция пищеварительных ферментов на этом этапе также является основной причиной того, что среднесуточный прирост телят в группе, получавшей сывороточный порошок, и в контрольной группе больше, чем в двух других группах. Скорость роста телят в возрасте от 46 до 60 дней быстро увеличивалась, а масса

тела и среднесуточный привес в группе, получавшей сывороточный порошок и в группе, получавшей глюкозу, значительно возросли. Скорость роста телят, в группе, получавшей кукурузный крахмал, также начала увеличиваться, но по сравнению с первыми двумя группами данный показатель был ниже. Следовательно, показатели набора живой массы трёх групп телят в данном эксперименте не зависели от углеводного состава заменителя молока, и рост и развитие телят в возрасте от 61 до 75 дней начали входить в стабильную стадию.

При учёте влияния различных заменителей молока на показатели размеров телят можно отметить, что масса тела и среднесуточный прирост каждой опытной группы в возрасте 45 дней были ниже, чем у контрольной группы. Индексы промеров тела также были ниже, по сравнению с контрольной группой. Показатели, отвечающие за темпы роста, прибавки живой массы и промеров тела, увеличились во всех опытных группах, в отличие от контрольной группы. Можно отметить, что изменение промеров тела телят аналогично тенденции изменения живой массы. В данном эксперименте исключением является косая длина туловища и индекс обхвата груди, которые оказались низкими в более поздний период. Не было значительных различий и в показателях промеров тела телят между группами на протяжении всего эксперимента, что указывает на то, что различные заменители молока из источника сахара не влияли на уровни развития телят.

Анализируя влияние различных заменителей молока, содержащих сахар, на частоту диареи телят, можно отметить, что диарея в группе животных, у которых источником сахара являлся кукурузный крахмал, имела более серьезное течение, что может быть связано с низкой усвоя-

емостью крахмала у новорожденных телят, которая привела к дисбалансу уровня питания и снижению естественной сопротивляемости телят к заболеваниям. По мере увеличения возраста телят диарея в каждой исследуемой группе начала уменьшаться, но в более поздний период эксперимента диарея почти не появлялась, что указывает на то, что телята полностью адаптировались к режиму кормления с применением заменителей молока при их раннем отъёме.

По мере роста и развития телят влияние различных заменителей молока, содержащих сахар, постепенно снижается. Однако при раннем отъёме телят, заменитель молока с лактозой в качестве основного источника сахара даёт лучший эффект. Затем следует глюкоза, а кукурузная мука имеет низкие показатели при раннем применении, но постепенно улучшается в более поздний период исследования.

Список источников

1. Castell A. Influence of different sources of roughage on growth performance and feeding behavior of Holstein calves // *Chinese Livestock and Veterinary Medicine*. 2013. Vol. 39 (2). P. 150.
2. Coverdale J. F., Tyler H. D., Brumm J. A. Effect of various levels of forage and of diet on rumen development and growth in calves // *Journal of Dairy Sci.* 2004. Vol. 87 (8). P. 2554–2562.
3. Effect of pelleted feed with different ratios of roughage and concentrates on rumen fermentation parameters and the number of microorganisms weaned calves / Yang Hongbo [et al.] // *Acta Prata Sinica*. 2015. Vol. 24 (12). P. 131–138.
4. Effects of restricted nursing on physiological and behavioral reactions of Brahman calves to subsequent restraint and weaning / D. C. Lay [et al.] // *Applied Animal Behaviour Science*. 1998. Vol. 56 (4). P. 109–119.
5. Lefcourt A. M., Elsasser T. H. Adrenal responses of Angus×Hereford cattle to the stress of weaning // *Journal of Animal Science*. 1995. Vol. 73 (9). P. 2669–2676.
6. Qi Peng. Study on the development of main digestive enzymes in the stomach of suckling calves research. Beijing : China Agricultural University, 2000.

References

1. Castell A. Influence of different sources of roughage on growth performance and feeding behavior of Holstein calves. *Chinese Livestock and Veterinary Medicine*, 2013; 39 (2): 150.
2. Coverdale J. F., Tyler H. D., Brumm J. A. Effect of various levels of forage and of diet on rumen development and growth in calves. *Journal of Dairy Sci.*, 2004; 87 (8): 2554–2562.
3. Yang Hongbo, Liu Hong, Zhang Jinshun [et al.]. Effect of pelleted feed with different ratios of roughage and concentrates on rumen fermentation parameters and the number of microorganisms weaned calves. *Acta Prata Sinica*, 2015; 24 (12): 131–138.
4. Lay D. C., Friend T. H., Randel R. D. [et al.]. Effects of restricted nursing on physiological and behavioral reactions of Brahman calves to subsequent restraint and weaning. *Applied Animal Behaviour Science*, 1998; 56 (4): 109–119.
5. Lefcourt A. M., Elsasser T. H. Adrenal responses of Angus×Hereford cattle to the stress of weaning. *Journal of Animal Science*, 1995; 73(9): 2669–2676.
6. Qi Peng. Study on the development of main digestive enzymes in the stomach of suckling calves research, Beijing, China Agricultural University, 2000.

© Максимов Н. И., Лашин А. П., Сиразиев Р. З., 2021

Статья поступила в редакцию 01.09.2021; одобрена после рецензирования 18.10.2021; принята к публикации 08.11.2021.

The article was submitted 01.09.2021; approved after reviewing 18.10.2021; accepted for publication 08.11.2021.

Информация об авторах

Максимов Никита Игоревич, доктор сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, эпизоотологии и микробиологии, Дальневосточный государственный аграрный университет;

Лашин Антон Павлович, кандидат биологических наук, доцент кафедры патологии, морфологии и физиологии, Дальневосточный государственный аграрный университет;

Сиразиев Ромазан Закарьянович, доктор биологических наук, профессор, Иркутская межобластная ветеринарная лаборатория, srz1963@mail.ru

Information about authors

Nikita I. Maksimov, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Lecturer, Far Eastern State Agrarian University;

Anton P. Lashin, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University;

Romazan Z. Siraziev, Doctor of Biological Sciences, Professor, Irkutsk Interregional Veterinary Laboratory, srz1963@mail.ru

УДК 591.4:636.2(571.61)

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-127-136

Морфометрические показатели ткани некоторых мышц бедра бычков породы герефорд в возрасте 18 и 24 месяцев в условиях Амурской области

Мария Салиховна Мансурова¹, Марина Евгеньевна Остякова²

^{1,2} Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, Амурская область, Благовещенск, Россия

¹dalznivilabbiohim@mail.ru, ²most-68@bk.ru

Аннотация. Опыт выполнен в племенном репродукторе «Колхоз Томичевский» Белогорского района Амурской области. Объектом исследования являлись бычки породы герефорд. Для опыта сформирована группа бычков из десяти голов в возрасте шести месяцев. Животных в теплое время года содержали на естественных пастбищах, в холодное время года – в загонах на ферме. По достижении возраста 18 и 24 месяцев произведено взвешивание и забой трёх бычков из группы на гистологическое исследование мышечной ткани мышц бедра. Установлено, что у 18-месячных бычков мышечная ткань находится в процессе активного роста и дифференцирования, имеет плотное расположение мышечных волокон в пучках первичного и вторичного порядков при отсутствии выраженного развития жировой клетчатки в соединительнотканых прослойках. К 24-месячному возрасту количество мышечных волокон на площади 0,8 мм² поперечного среза ткани мышц бедра уменьшается: в двуглавой и полусухожильной мышцах на 16,7–18,8 %, в полуперепончатой, приводящей и стройной мышцах в 1,6–1,9 раза. Уменьшение числа мышечных волокон в полуперепончатой, полусухожильной и приводящей мышцах бедра наблюдается за счет роста диаметра мышечных волокон на 7,2–31,5 %, при одновременном уменьшении толщины перемизия в 1,8–4,0 раза, что свидетельствует о росте и развитии данных мышц в толщину и высокой нежности мяса. Наоборот, в двуглавой мышце бедра у герефордов 24-месячного возраста отсутствовало увеличение диаметра мышечных волокон, а увеличение толщины эндомизия на 34,9 % и перемизия на 19,8 % способствовали повышению жёсткости мяса, содержащего данную мышцу. В стройной мышце бедра площадь поперечного среза мышечных волокон уменьшилась на 17,0 %, толщина эндомизия на 13,1 % и перемизия на 42,9 %, при отсутствии развития жировой клетчатки в этих прослойках, что также указывало на снижение показателей пищевой ценности мяса, содержавшего данную мышцу у герефордов в конце зимне-стойлового периода содержания.

Ключевые слова: герефорды, гистологическое исследование, мышцы бедра, мышечные волокна, соединительные оболочки мышечных волокон

Для цитирования: Мансурова М. С., Остякова М. Е. Морфометрические показатели ткани некоторых мышц бедра бычков породы герефорд в возрасте 18 и 24 месяцев в условиях Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 127–136. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-127-136.

The morphometric tissue parameters of some thigh muscles of Hereford calf bulls at the age of 18 and 24 months in the conditions of the Amur region

Mariya S. Mansurova¹, Marina E. Ostyakova²

^{1,2} Far Eastern Zonal Scientific Research Veterinary Institute, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

¹dalznivilabbiohim@mail.ru, ²most-68@bk.ru

Abstract. The experiment was carried out in the Tribal reproducer «Kolhoz Tomichevsky» in Belogorsk district of the Amur region. The object of the study was the Hereford calf bulls. For the experiment, a group of 10 bull heads at the age of 6 months was formed. In the warm season, the

animals were kept on natural pastures, in the cold season – in pens on the farm. At the age of 18 and 24 months, 3 bulls from the group were weighed and slaughtered for histological examination of the muscle tissue of the thigh muscles. It was found that, muscle tissue of 18-month-old calf bulls was in the process of active growth and differentiation, had a dense arrangement of muscle fibers in bundles of primary and secondary orders in the absence of pronounced development of adipose tissue in the connective tissue layers. By the age of 24 months, the number of muscle fibers in an area of 0,8 mm² of the cross section of the thigh muscle tissue decreased: in the biceps and semitendinosus muscles – by 16,7–18,8 %, in the semimembranosus, adductor and gracilis muscles by 1,6–1,9 times. A decrease in the number of muscle fibers in the semimembranosus, semitendinosus and adductor muscles of the thigh was observed due to an increase in the diameter of muscle fibers by 7,2–31,5 %, while reducing the perimysium thickness by 1,8–4,0 % times, which indicated the increase and development of these muscles in the thickness and high tenderness of the meat. On the contrary, in the biceps thigh muscle of 24-month-old Herefords, there was no increase in muscle fiber diameter, and an increase in thickness of endomysium by 34,9 % and a perimysium by 19,8 % contributed to an increase in the rigidity of meat containing this muscle. In the gracilis muscle of the thigh, the cross-sectional area of muscle fibers decreased by 17,0 %, the thickness of the endomysium – by 13,1 % and the thickness of perimysium – by 42,9 %, in the absence of the development of adipose tissue in these layers, which also indicated a decrease in the nutritional value of meat containing this muscle in Herefords at the end of the winter-stall detention period.

Keywords: herefords, histological examination, thigh muscles, muscle fibers, connective membranes of muscle fibers

For citation: Mansurova M. S., Ostyakova M. E. The morphometric tissue parameters of some thigh muscles of Hereford calf bulls at the age of 18 and 24 months in the conditions of the Amur region. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 127–136. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-127-136.

Введение. Говядина, полученная при разведении герефордского скота, отличается высокой пищевой ценностью и отличными вкусовыми качествами, поэтому пользуется большим спросом на потребительском рынке [9]. Она характеризуется высоким содержанием незаменимых аминокислот, их сбалансированностью, имеет высокую переваримость. Мясо молодых герефордских бычков может использоваться в диетическом питании. Мясо взрослого герефордского скота содержит много экстрактивных веществ, поэтому отличается более выраженными вкусовыми качествами, имеет «мраморность», то есть наличие жировой ткани между мышечными волокнами, что является особенностью мяса герефордов. Чрезмерная жирность мяса, как и мяса, полученного от животных низкой упитанности, прямо влияют на его покупательскую способность.

По результатам органолептической оценки, в говядине такого качества изменяется содержание сухого вещества, состав полноценных белков, удельный вес соединительной и жировой ткани, снижаются вкусовые качества и усвояемость [6, 7]. Получение говядины высокого ка-

чества во многом обусловлено контролем степени развития мускулатуры животного, зависящей от возрастных особенностей роста и развития мышечной ткани, скорости отложения внутримышечного жира [16, 17].

Интенсивное наращивание мышечной массы у бычков герефордской породы, в основном, приходится на возраст 12–15 месяцев, затем наблюдается активизация процесса отложения межтканевого жира. Применение наиболее эффективных технологических приемов содержания способствует более активному росту и развитию мышечной массы у бычков [4, 7, 12]. Существенную роль в этом играют как экономические, так и природно-климатические условия содержания герефордского скота [8].

Огромное влияние на качественные показатели мяса оказывает гистологическая структура мышечной ткани скота [13]. Гистологический микроструктурный анализ позволяет выявить существующую взаимосвязь между структурными особенностями мышечной ткани, физико-химическими и технологическими свойствами мяса. Нежность и вкус мяса скота мясных пород разного пола и возраста зависят от

комплекса морфометрических показателей мышечной ткани, степени развития мышечных волокон различных мышц: диаметра мышечных волокон, величины их пучков, ширины соединительнотканного прослоек, выраженности структурных проявлений созревания мышечной ткани [10, 15]. В процессе роста и развития мясного скота гистологическая картина мышечной ткани меняется. В особенности качественные и количественные изменения в гистоструктуре ткани мышц животных могут наблюдаться после перемещения поголовья из одних зон разведения в другие, при разительном отличии зональных природно-климатических характеристик [12, 14, 19].

Актуальность темы. Ряд исследователей подчеркивают важность знания закономерностей возрастного изменения гистологической структуры мышечной ткани скота, разводимого в различных природно-климатических зонах, для оценки мясной продуктивности животных разных пород, пола и возраста, дальнейшего прогнозирования продуктивности [3, 15, 16, 18].

Цель исследования состояла в изучении особенностей гистологической структуры ткани мышц бедра 18- и 24-месячных бычков герефордской породы, являющихся прямыми потомками австралийских коров, ввезенных в Амурскую область в 2012 году.

Материалы и методы исследования. Опыт проводился с 2015 по 2018 гг. в племенном репродукторе «Колхоз Томичевский» Белогорского района Амурской области. Объектом исследования выступали герефордские бычки в возрасте 18 и 24 месяцев.

Они были получены в племенном репродукторе «Колхоз Томичевский» при использовании австралийских герефордских коров, завезенных в хозяйство в 2012 г., и герефордского быка-производителя, приобретенного в 2014 г. в Красноярском крае. Живая масса коров и быка-производителя на момент случки в 2015 г. соответствовала минимальным требованиям для первого класса и составляла у коров в возрасте пяти лет $520,0 \pm 20,00$ кг, у быка-производителя в возрасте 18 месяцев – 550 кг.

В конце осени 2016 г. была сформирована группа бычков, полученных от

австралийских коров, в количестве десяти голов в возрасте 6 месяцев. Для формирования группы использован метод пар-аналогов. Живая масса животных находилась в пределах 180–210 кг. Все бычки были клинически здоровыми, активными. В период опыта их содержали совместно. Условия кормления и содержания бычков значительно не различались: в теплое время года (с мая по октябрь) животные находились на естественных пастбищах, в холодное время года (с ноября по май) – в загонках на ферме. В зимне-стойловый период бычки получали разнотравное сено, соевую солому, кукурузный сенаж, размол зерновых, минеральные добавки.

По достижении бычками 18-месячного возраста в ноябре 2017 г. был произведен забой трёх животных из группы на гистологическое исследование мышечной ткани мышц бедра. Ещё три бычка забито после окончания зимне-стойлового периода в мае 2018 г. по достижении животными возраста 24 месяца.

Перед забоем у бычков определялась живая масса с использованием платформенных весов (ВПС-2). Оценка результатов взвешивания скота производилась в соответствии со стандартом породы герефорд, с учётом Порядка и условий проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности, утверждённого приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 02.08.2010 № 270.

После обескровливания туши бедренную часть разделявали на поперечные отрубы. Для анатомического исследования использовали отруб из средней части бедра. На поперечном разрезе отруба визуализировали наличие жировых прослоек, находящихся между пучками мышечных волокон. Методом препарирования из отрубков выделяли двуглавую, полуперепончатую, полусухожильную, приводящую, стройную мышцы бедра. Из толщи каждой мышцы вырезали кусочки размером один кубический сантиметр.

Образцы мышц погружали в 10-процентный раствор нейтрального формалина. В последующем кусочки проводили через спирты. Используя заливку в парафин, получали по три блока с каждой мышцы. С каждого блока на санном микротоме МС-2 изготавливали по три сре-

за толщиной 5–6 микрометров, с ориентацией срезов в поперечном направлении относительно расположения скелетных мышечных волокон в мышце. Полученные срезы окрашивали гематоксилином и эозином. Изготавливали микропрепараты с применением канадского бальзама [2].

Морфометрические измерения ткани мышц бедра проводили на микроскопе *Carl Zeiss*, с применением измерительной шкалы винтового окуляр-микрометра *МОВ-1-15x*. Увеличение объектива составляло 40. Пользуясь квадратно-сетчатой окулярной вставкой в десяти полях зрения подсчитывали количество мышечных волокон на площади 0,8 мм².

Расчет числа мышечных волокон производили по методу Джеффриса, с использованием формулы (1):

$$x = z + 0,5 \cdot w + 0,25 \cdot u \quad (1)$$

где x – среднее число контуров микрообъекта, приходящееся на единицу площади среза;

z – число структур, полностью находящихся внутри тест-системы;

w – число структур, пересеченных линиями контура;

u – число ультраструктур, на площади среза которых попали узловые точки тест-системы.

При помощи линейки винтового окуляр-микрометра измеряли короткий и длинный диаметры поперечного среза мышечных волокон, толщину перимизия, эндомизия. Площадь поперечного среза мышечных волокон в квадратных микрометрах рассчитывали по формуле (2) [1]:

$$S = \pi (a \cdot b) \quad (2)$$

где a и b – длинный и короткий диаметры поперечного среза мышечных волокон, соответственно, мкм.

Экспериментальные данные подвергали математической обработке при помощи табличного процессора *Microsoft Excel*, с установлением средней арифметической (M) и ошибки (m).

Достоверность различий полученных результатов выявляли с помощью статистического критерия Стьюдента (t -критерий). Разницу показателей считали достоверной при $p < 0,05$ [2].

Результаты и обсуждение. Исходя из результатов предубойного взвешивания 18-месячных бычков, содержащихся в теплое время года на пастбище, их живая масса составляла $425,0 \pm 5,0$ кг и была близкой к первому бонитировочному классу по стандарту породы (435,0 кг для первого класса). По данным анатомического исследования на поперечном разрезе бедра бычков наличия жировых прослоек, находящихся между пучками мышечной ткани, не установлено. Отсутствие «мраморности» мяса у бычков 18-месячного возраста свидетельствовало об особенностях их метаболических процессов, направленных на интенсивные ростовые и дифференцировочные процессы, идущие в мышечной ткани [18]. Оказало влияние пастбищное содержание, стимулирующее проявление высокой двигательной активности у молодых бычков.

Предубойная масса бычков, достигших 24-месячного возраста, после их содержания в холодное время года в загонках находилась на уровне $490,0 \pm 10,0$ кг и относилась ко второму классу. Исходя из данных источников, у герефордского скота старшего возраста усиливаются процессы депонирования жира в тканях [18]. Однако в нашем опыте, у бычков в 24-месячном возрасте, как и у более молодых, внутримышечная жировая ткань на поперечном отрубе средней части бедра не была представлена.

Низкая живая масса бычков, отсутствие «мраморности» мяса в бедренной части свидетельствовали о замедлении процессов роста и развития животных в холодное время года, когда межтканевой жир активно используется как энергетический субстрат для обменных процессов. Полученные результаты объясняются тем, что во время зимне-стойлового периода содержания бычки имели несбалансированный рацион кормления при наблюдавшемся общем недостаточном уровне кормления, были ограничены в движении, подвергались действию низких температур и низкому уровню солнечной инсоляции [11].

При микроскопии поперечных срезов ткани мышц бедра 18- и 24-месячных бычков мышечные волокна визуализировались как оптически плотные образования, собранные в различной фор-

мы компактные пучки первого и второго порядков.

У 18-месячных животных в полуперепончатой, полусухожильной и приводящей мышцах бедра на поперечном срезе мышечные волокна довольно плотно прилегали друг к другу, границы между отдельными волокнами с трудом просматривались. В двуглавой и стройной мышцах бедра расположение мышечных волокон менее плотное, границы каждого волокна четко дифференцируются. Поперечный срез мышечных волокон разных мышц имеет различную форму, в основном призматическую и четырехугольную в двуглавой мышце бедра, треугольную и прямоугольную в полуперепончатой, пятиугольную и прямоугольную в стройной, полигональную и пятиугольную в полусухожильной, четырехугольную и прямоугольную в приводящей мышцах бедра. Отмечалось наличие волокон, имеющих на поперечном срезе трапециевидную, округлую либо неправильную форму. Соеди-

нительнотканые оболочки, эндомизий, окружающий каждое мышечное волокно, и перимизий, связывающий отдельные группы мышечных волокон в более крупные пучки, хорошо просматривались.

У более взрослых 24-месячных бычков в поперечных срезах всех исследованных мышц расположение мышечных волокон в пучках первого порядка неплотное, часто с довольно большими оптически пустыми пространствами вокруг каждого волокна. Форма мышечных волокон в мышцах четырехугольная, прямоугольная, пятиугольная, часто встречаются округлая или овальная. Эндомизий и перимизий четко дифференцируются. Перимизий в десяти полях зрения встречается значительно реже, чем в срезах мышц более молодых животных.

Результаты количественного подсчета мышечных волокон в заднебедренной и медиальной группах мышц бедра бычков разного возраста значительно различаются (табл. 1).

Таблица 1 – Количество мышечных волокон на площади 0,8 мм² поперечного среза ткани мышц бедра герефордских бычков, М±m (n=3)

Название мышцы	Возраст бычков, месяцев	
	18	24
Двуглавая	25,74±0,02	21,45±0,11**
Полуперепончатая	28,14±1,04	17,88±3,49*
Полусухожильная	25,01±1,45	20,30±0,65*
Приводящая	27,87±0,31	14,43±0,05**
Стройная	25,24±4,84	15,61±1,19

* p < 0,05; ** p < 0,001.

Таблица 2 – Морфометрические показатели мышечных волокон в срезах ткани мышц бедра герефордских бычков, М±m (n=3)

В микрометрах

Название мышцы	Возраст бычков, месяцев	
	18	24
Двуглавая		
Длинный диаметр	43,85±2,57	43,02±0,62
Короткий диаметр	34,64±2,41	34,58±0,70
Площадь поперечного среза мышечного волокна	1 202,01±155,5	1 168,48±40,66

Продолжение таблицы 2

Название мышцы	Возраст бычков, месяцев	
	18	24
Полуперепончатая		
Длинный диаметр	41,36±1,06	43,65±1,27
Короткий диаметр	31,73±1,10	32,25±0,54
Площадь поперечного среза мышечного волокна	1 031,94±61,57	1 106,13±50,73
Полусухожильная		
Длинный диаметр	41,16±1,99	50,89±5,18
Короткий диаметр	31,61±2,72	34,97±0,84
Площадь поперечного среза мышечного волокна	1 029,42±133,48	1 353,64±134,07
Приводящая		
Длинный диаметр	46,03±1,96	49,00±0,36
Короткий диаметр	36,71±1,89	38,88±0,18
Площадь поперечного среза мышечного волокна	1 374,63±133,20	1 495,96±17,82
Стройная		
Длинный диаметр	51,82±1,92	46,61±0,37
Короткий диаметр	39,05±0,10	36,02±0,64*
Площадь поперечного среза мышечного волокна	1 588,19±55,14	1 317,70±12,81*
* p < 0,01		

У 24-месячных бычков, в сравнении с 18-месячными, наблюдалось уменьшение числа мышечных волокон на площади 0,8 мм² поперечного среза ткани всех исследованных мышц бедра.

Количество мышечных волокон в поперечнополосатой мышечной ткани, согласно авторам, в течение жизни животного остаётся стабильным [15]. Поэтому, уменьшение числа мышечных волокон на рассчитываемой площади у бычков более старшего возраста происходило за счет роста диаметра самих мышечных волокон.

Тенденция увеличения длинного и короткого диаметров мышечных волокон обнаружена при исследовании микропрепаратов полуперепончатой, полусухожильной и приводящей мышц бедра (табл. 2).

В срезах двуглавой и стройной мышцах бедра увеличения диаметра мышечных волокон не наблюдалось, что косвенно свидетельствовало об отсутствии абсолютного прироста мышечной массы в данных мышцах у бычков 24-месячного возраста.

Изменение числа мышечных волокон на исследуемой площади поперечного среза ткани мышц могло произойти под влиянием возрастных особенностей в развитии соединительнотканых оболочек мышечных волокон (табл. 3).

У 24-месячных бычков, в сравнении с 18-месячными, в срезах ткани двуглавой мышцы бедра соединительнотканые прослойки визуальнее более плотные, с большим содержанием коллагеновых волокон. Определено увеличение толщины эндомизия и перимизия, что способство-

Таблица 3 – Толщина соединительнотканых оболочек в мышечной ткани мышц бедра герефордских бычков, $M \pm m$ (n=3)

В микрометрах

Название мышцы	Возраст бычков, месяцев	
	18	24
Двуглавая		
Перемизий	20,47±5,09	24,53±5,26
Эндомизий	1,89±0,07	2,55±0,13*
Полуперепончатая		
Перемизий	41,64±3,10	10,36±0,51**
Эндомизий	2,45±0,38	2,88±0,05
Полусухожильная		
Перемизий	34,96±5,73	11,25±2,76*
Эндомизий	3,16±0,86	2,42±0,09
Приводящая		
Перемизий	27,88±0,68	11,69±1,06
Эндомизий	2,40±0,24	2,46±0,06
Стройная		
Перемизий	43,61±10,76	24,88±1,29
Эндомизий	2,68±0,44	2,33±0,36
* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$.		

вало уменьшению количества мышечных волокон на единицу площади. Такие возрастные изменения внутренней структуры двуглавой мышцы бедра, относящейся к статодинамическому типу, связаны с ее функциональными особенностями, то есть способностью мышцы нести большую статическую нагрузку при стоянии животного. При отсутствии роста диаметра мышечных волокон и наблюдавшемся увеличении толщины соединительнотканых прослоек консистенция мяса, содержащего данную мышцу, у животных более старшего возраста, менялась в сторону повышения жесткости [18].

В микропрепаратах остальных исследованных мышц, относящихся к динамическому типу, у 24-месячных бычков на фоне установленного увеличения диаметра мышечных волокон толщина эндомизия имела незначительные колебания в большую или меньшую сторону. Однако толщина перимизия значительно уменьшилась. При микроскопии перимизий визуализировался в виде нежного слоя соединительной ткани с менее плотным расположением в нём пучков коллагено-

вых волокон и фибробластов. Обнаружились артериальные и венозные сосуды разного калибра, в состоянии умеренного кровенаполнения [15].

Жировая клетчатка в перимизии 24-месячных бычков, как и 18-месячных, не выражена, в соединительнотканых прослойках наблюдалась в единичных случаях в виде небольших по площади участков, содержащих некрупные жировые вакуоли (оптические пустоты).

Заключение. Таким образом, в условиях Амурской области забой бычков герефордской породы, имеющих возраст около 18 месяцев, целесообразно осуществлять в конце пастбищного периода для получения из бедренного отруба тонковолокнистого постного мяса нежной консистенции.

Забой бычков после зимне-стойлового периода, имеющих возраст около двух лет, следует осуществлять после проведения откорма, в связи с недостаточным развитием мышечных волокон в заднебедренной и медиальной группах мышц бедра и низким содержанием в них внутримышечного жира.

Список источников

1. Автандилов Г. Г. Медицинская морфометрия. Руководство. М. : Медицина, 1990. 384 с.
2. Биометрия в MS Excel / Е. Я. Лебедев [и др.]. СПб : Лань, 2018. 172 с.
3. Возрастная динамика массы групп и отдельных мышц молодняка овец основных пород Южного Урала / В. И. Косилов [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2016. № 2. С. 41–46.
4. Возрастные изменения абсолютной массы мышц молодняка крупного рогатого скота симментальской породы / А. А. Салихов [и др.] // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 2 (201). С. 63–65.
5. Волкова О. В., Елецкий Ю. К. Основы гистологии с гистологической техникой. М. : Медицина, 1982. 304 с.
6. Гармаев Б. Д. Хозяйственно полезные признаки бычков калмыцкой породы разных селекций // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова. 2018. № 3 (52). С. 60–65.
7. Гришагина Т. В. Оценка мясной продуктивности герефордского скота в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 42. С. 104–108.
8. Дунин И. М., Шаркаев, В. И., Шаркаева, Г. А. Развитие мясного скотоводства в Российской Федерации // Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации. М. : Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела. 2016. С. 1–10.
9. Косилов В. И., Андриенко Д. А., Никонова Е. А. Динамика весового роста мускулатуры основных отделов скелета у молодняка красной степной породы в постнатальном периоде онтогенеза // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (57). С. 180–184.
10. Малышева Е. С. Влияние возраста на технологические и микроструктурные характеристики говядины на примере крупного рогатого скота черно-пестрой породы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 7 (105). С. 97–100.
11. Мансурова М. С. Анализ морфо-биохимических показателей крови герефордского скота и микроструктуры мышечных волокон в условиях Амурской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 6. С. 79–86.
12. Молчанов А. В. Микроструктурная характеристика четырехглавой мышцы бедра баранчиков в породном, возрастном и видовых аспектах // Известия Нижневолжского аграрного университетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 3 (23). С. 111–116.
13. Морфологический состав туш специализированных мясных пород крупного рогатого скота / С. А. Грикшас [и др.] // Международная научно-практическая конференция, посвящённая памяти В. М. Горбатова. 2015. № 1. С. 545–549.
14. Морфология роста и развития пере- и эндомизия, диаметра мышечных волокон подвздошно-большеберцовой мышцы кур кросса «Родонит-2» в постнатальном онтогенезе / В. В. Гречко [и др.] // Омский научный вестник. 2015. № 1 (138). С. 154–156.
15. Овчинникова Е. Г., Дмитрик И. И. Возрастные изменения гистологии мышечной ткани овец Ставропольской породы // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2017. № 1 (10). С. 229–236.
16. Плахтюкова В. Р., Дмитрик И. И. Мясная продуктивность и методы ее определения // Вестник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2017. № 10. С. 246–252.
17. Прохоров И. П., Никитченко Д. В. Особенности роста мышечной, жировой и костной тканей туш чистопородных и помесных бычков // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2017. № 3 (12). С. 261–271.
18. Седых Т. А. Возрастные изменения отдельных естественно-анатомических частей туш бычков герефордской породы // Успехи современного естествознания. 2015. № 9. С. 336–338.
19. Тамбовцева Р. В. Биохимические особенности онтогенетического развития энергообеспечения мышечной деятельности // Новые исследования. 2014. № 1 (38). С. 68–75.
20. Фириченков И. В., Фириченков В. В. Возрастные морфологические изменения мышечной ткани крупного рогатого скота костромской породы // Аграрный вестник Урала. 2009. № 9. С. 80–81.

References

1. Avtandilov G. G. *Medicinskaya morfometriya. Rukovodstvo [Medical morphometry. Management]*, Moskva, Medicina, 1990, 384 p. (in Russ.).
2. Lebedko E. Ya., Hohlov A. M., Baranovskij D. I., Getmanets O. M. *Biometriya v MS Excel [Biometrics in MS Excel]*, Sankt-Peterburg, Lan', 2018, 172 p. (in Russ.).
3. Kosilov V. I., Shkilyov P. N., Andrienko D. A., Nikonova E. A. *Vozrastnaya dinamika massy grupp i otdel'nyh myshc molodnyaka ovets osnovnyh porod Yuzhnogo Urala [Age dynamics of the mass of groups and individual muscles of young sheep of the main breeds of the Southern Urals]. Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo. – Sheep, goats, wool business*, 2016; 2: 41–46 (in Russ.).
4. Salihov A. A., Kosilov V. I., Buravov A. F., Nikonova E. A. *Vozrastnye izmeneniya absolyutnoj massy myshts molodnyaka krupnogo rogatogo skota simmental'skoj porody [Age-related changes in the absolute muscle mass of young cattle of the Simmental breed]. Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. – Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, 2013; 2 (201): 63–65 (in Russ.).
4. Volkova O. V., Eleckij Yu. K. *Osnovy gistologii s gistologicheskoy tekhnikoj [Basics of Histology with Histological Technique]*, Moskva, Medicina, 1982, 304 p. (in Russ.).
5. Garmaev B. D. *Hozyajstvenno poleznye priznaki bychkov kalmyckoj porody raznyh selekcij [Economically useful traits of Kalmyk bulls of different breeds]. Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii imeni V. R. Filippova. – Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov*, 2018; 3 (52): 60–65 (in Russ.).
6. Grishagina T. V. *Ocenka myasnoj produktivnosti gerefordskogo skota v usloviyah Leningradskoj oblasti [Evaluation of the meat productivity of Hereford cattle in the conditions of the Leningrad region]. Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University*, 2016; 42: 104–108 (in Russ.).
7. Dunin I. M., Sharkaev V. I., Sharkaeva G. A. *Razvitie myasnogo skotovodstva v Rossijskoj Federacii [Development of beef cattle breeding in the Russian Federation]. Ezhegodnik po plemennoj rabote v myasnom skotovodstve v hozyajstvah Rossijskoj Federacii. – Yearbook on breeding work in beef cattle breeding in the farms of the Russian Federation*, 2016: 1–10 (in Russ.).
9. Kosilov V. I., Andrienko D. A., Nikonova E. A. *Dinamika vesovogo rosta muskulatury osnovnyh otdelov skeleta u molodnyaka krasnoj stepnoj porody v postnatal'nom periode ontogeneza [Dynamics of weight growth of the muscles of the main sections of the skeleton in young red steppe breed in the postnatal period of ontogenesis]. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, 2016; 1 (57): 180–184 (in Russ.).
10. Malysheva E. S. *Vliyanie vozrasta na tekhnologicheskie i mikrostrukturnye harakteristiki govyadiny na primere krupnogo rogatogo skota cherno-pestroj porody [The influence of age on the technological and microstructural characteristics of beef on the example of black-and-white cattle]. Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2013; 7 (105): 97–100 (in Russ.).
11. Mansurova M. S. *Analiz morfo-biohimicheskikh pokazatelej krovi gerefordskogo skota i mikrostrukturny myshechnykh volokon v usloviyah Amurskoj oblasti [Analysis of the morfo-biochemical parameters of the blood of Hereford cattle and the microstructure of muscle fibers in the conditions of the Amur region]. Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2019; 6: 79–86 (in Russ.).
12. Molchanov A. V. *Mikrostrukturnaya harakteristika chetyrekhglavoj myshcy bedra baranchikov v porodnom, vozrastnom i vidovyh aspektah [Microstructural characteristics of the quadriceps thigh muscle of rams in the breed, age and species aspects]. Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrarnogo universitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrarian University Complex: science and higher professional education*, 2011; 3 (23): 111–116 (in Russ.).
13. Griksas S. A., Shamidova M. M., Donetskikh A. G., Pcholkina V. A. *Morfologicheskij sostav tush specializirovannyh myasnyh porod krupnogo rogatogo skota [Morphological composition of carcasses of specialized meat breeds of cattle]. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, posvyashchyonnaya pamyati V. M. Gorbatova. – International Scientific and Practical conference dedicated to the memory of V. M. Gorbatov*, 2015; 1: 545–549 (in Russ.).
14. Grechko V. V., Kulnich E. N., Avdeev D. B., Ovchinnikov D. K. *Morfologiya rosta i razvitiya pere- i endomiziya, diametra myshechnykh volokon podvzdoshno-bol'shebercovoj myshcy kur krossa «Rodonit-2» v postnatal'nom ontogeneze [The morphology of growth and development of peri- and endomysium, the diameter of the muscle fibers of the iliotibial muscle, the course of the cross «Rhodonite-2»*

in postnatal ontogenesis]. *Omskij nauchnyj vestnik. – Omsk Scientific Bulletin*, 2015; 1 (138): 154–156 (in Russ.).

15. Ovchinnikova E. G., Dmitrik I. I. Vozrastnye izmeneniya gistologii myshechnoj tkani ovets Stavropol'skoj porody [Age-related changes in the histology of muscle tissue of sheep of the Stavropol breed]. *Sbornik nauchnyh trudov Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovcevodstva i kozovodstva. – Collection of scientific papers of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding*, 2017; 1 (10): 229–236 (in Russ.).

16. Plahtyukova V. R., Dmitrik I. I. Myasnaya produktivnost' i metody ee opredeleniya [Meat productivity and methods of its determination]. *Vestnik nauchnyh trudov Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovcevodstva i kozovodstva. – Bulletin of scientific works of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding*, 2017; 10: 246–252 (in Russ.).

17. Prohorov I. P., Nikitchenko D. V. Osobennosti rosta myshechnoj, zhirovoj i kostnoj tkanej tush chistopородnyh i помесnyh bychkov [Features of the growth of muscle, adipose and bone tissue of purebred and crossbred bull carcasses]. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo. – Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and Animal Husbandry*, 2017; 3 (12): 261–271 (in Russ.).

18. Sedyh T. A. Vozrastnye izmeneniya otdel'nyh estestvenno-anatomicheskikh chastej tush bychkov gerefordskoj porody [Age-related changes in individual natural-anatomical parts of the carcasses of Hereford bulls]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – Successes of modern natural science*, 2015; 9: 336–338 (in Russ.).

19. Tambovceva R. V. Biohimicheskie osobennosti ontogeneticheskogo razvitiya energoobespecheniya myshechnoj deyatelnosti [Biochemical features of ontogenetic development of energy supply of muscle activity]. *Novye issledovaniya. – New research*, 2014; 1 (38): 68–75 (in Russ.).

20. Firichenkov I. V., Firichenkov V. V. Vozrastnye morfoloicheskie izmeneniya myshechnoj tkani krupnogo rogatogo skota kostromskoj porody [Age-related morphological changes in the muscle tissue of cattle of the Kostroma breed]. *Agrarnyj vestnik Urala. – Agrarian Bulletin of the Urals*, 2009; 9: 80–81 (in Russ.).

© Мансурова М. С., Остякова М. Е., 2021

Статья поступила в редакцию 01.09.2021; одобрена после рецензирования 11.10.2021; принята к публикации 11.11.2021.

The article was submitted 01.09.2021; approved after reviewing 11.10.2021; accepted for publication 11.11.2021.

Информация об авторах

Мансурова Мария Салиховна, научный сотрудник, Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, dalznivilabbiohim@mail.ru;

Остякова Марина Евгеньевна, главный научный сотрудник, доктор биологических наук, Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, most-68@bk.ru

Information about authors

Mariya S. Mansurova, Researcher of the Department of animal husbandry and poultry farming, Far Eastern Zonal Scientific Research Veterinary Institute, dalznivilabbiohim@mail.ru;

Marina E. Ostyakova, Chief Researcher of the Department of innovative methods of diagnostics and therapy, morphology and pathology, Doctor of Biological Sciences, Far Eastern Zonal Scientific Research Veterinary Institute, most-68@bk.ru

УДК 639.3.091(571.65)

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-137-144

Распространение анизакидоза и дифиллоботриоза морских и пресноводных рыб в условиях Магаданской области

Екатерина Сергеевна Москаленко¹, Анна Борисовна Постникова²,
Екатерина Анатольевна Витомскова³

^{1,2,3} Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
Магаданская область, Магадан, Россия

¹ caterina.moskalenko2015@yandex.ru, ² posa_anna1999@mail.ru,

³ ekaterinaseymchan@mail.ru

Аннотация. Рыба считается важнейшим источником полноценного питания, благодаря содержанию в ней легкоусвояемого белка, ценных витаминов и микроэлементов. На сегодняшний день заинтересованные ведомства ветеринарной и медицинской служб Магаданской области не владеют информацией о паразитологической ситуации в отношении гельминтозооантропонозов, передающихся через морских и пресноводных рыб. В связи с этим вопрос изучения болезней рыб и определения их влияния на здоровье населения имеет определённую новизну и актуальность. Целью работы является изучение распространения анизакидоза и дифиллоботриоза в открытых и замкнутых водоёмах региона. В результате многолетних (с 1989 по 2021 гг.) гельминтологических исследований у четырнадцати видов рыб, представителей морской и пресноводной фауны, выявлены личинки нематод трёх видов (*Anisakis simplex*, *Pseudoterranova decipiens*, *Thynnascaris adunca*) и плероцеркоиды дифиллоботриид четырёх видов: (*Diphyllobothrium luxi*, *Diphyllobothrium dendriticum*, *Diphyllobothrium ditremum*, *Diphyllobothrium sobolevi*). Материалом для исследований служила рыба, добываемая в трёх районах (Ольском, Северо-Эвенском и Среднеканском) акватории Охотского моря и бассейна реки Колыма. Средняя многолетняя заражённость возбудителями анизакидоза и дифиллоботриоза у рыб составила 66,4 % и 52,6 % соответственно. Из числа всех видов обнаруженных личинок преобладают *Anisakis simplex* (88,0 %), располагающиеся в основном в брюшных мышцах. Самая высокая инвазия отмечена у лососёвых рода *Onchorynchus* (кеты, горбуши, кижуча). Она составила 92,0 %. Инвазирование мышц у этих видов рыб варьировало от 86,5 до 100,0 %. Высокие значения экстенсивности инвазии плероцеркоидами дифиллоботриид отмечены у корюшки малоротой и зубатой (от 56,6 до 100 %), кеты (20,0 %), кижуча (20,0 %) и хариуса (20,7 %). На основании полученных данных делается вывод о том, что анизакидоз и дифиллоботриоз имеет широкое распространение среди рыб открытых и замкнутых водоёмов Магаданской области.

Ключевые слова: морская рыба, пресноводная рыба, мышечная ткань, личинки анизакид, плероцеркоиды дифиллоботриид, Охотское море, река Колыма, экстенсивность инвазии, интенсивность инвазии

Для цитирования: Москаленко Е. С., Постникова А. Б., Витомскова Е. А. Распространение анизакидоза и дифиллоботриоза морских и пресноводных рыб в условиях Магаданской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 137–144. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-137-144.

Spread of anisacidosis and diphyllobothriasis of marine and freshwater fishes in the conditions of the Magadan region

Ekaterina S. Moskalenko¹, Anna B. Postnikova²,
Ekaterina A. Vitomskova³

^{1,2,3} Magadan Research Institute of Agriculture, Magadan region, Magadan, Russia

¹ caterina.moskalenko2015@yandex.ru, ² posa_anna1999@mail.ru,

³ ekaterinaseymchan@mail.ru

Abstract. Fish is considered the most important source of full nutrition due to the content of easily digestible protein, valuable vitamins and microelements. Today the concerned departments of the veterinary and medical services of the Magadan region do not have information about the parasitological situation with respect to helminthic zoonoses transmitted through marine and freshwater fishes. In this regard, the issue of studying of fish diseases and effect on people's health has a certain novelty and absolute relevance. The aim is to study the distribution of anisacidosis and diphyllbothriasis in open and closed water bodies of the region. As a result of long-term (from 1989 to 2021) helminthological studies of 14 species of fish, the representatives of the marine and freshwater fauna, nematode larvae of 3 species were identified (*Anisakis simplex*, *Pseudoterranova decipiens*, *Thynnascaris adunca*) and diphyllbothriidae plerocercoids of 4 species: (*Diphyllbothrium luxi*, *Diphyllbothrium dendriticum*, *Diphyllbothrium ditremum*, *Diphyllbothrium sobolevi*). The material for the research was fish caught in three regions (Ola, Severo-Evensk and Srednekansky) in the waters of the Sea of Okhotsk and in the Kolyma river basin. The average long-term infection with the causative agents of anisacidosis and diphyllbothriasis was 66.4 % and 52.6 %, respectively. *Anisakis simplex* (88.0 %), located mainly in the abdominal muscles, prevail among all the species of found larvae. The highest invasion was noted in salmon of the genus *Onchorynchus* (chum salmon, pink salmon, coho salmon) – 92.0 %. Muscle invasion in these fish species ranges from 86.5 to 100.0 %. High values of the infestation extent by diphyllbothriidae plerocercoids were noted in pond smelt and Alaska smelt (from 56.6 to 100 %), chum salmon (20.0 %), coho salmon (20.0 %) and grayling (20.7 %). Based on the data obtained, it is concluded that anisacidosis and diphyllbothriasis are widespread among fish in open and closed reservoirs of the Magadan region.

Keywords: marine fish, freshwater fish, muscle tissue, larvae of anisacids, diphyllbothriidae plerocercoids, Sea of Okhotsk, Kolyma river, infestation extent, intensity of invasion

For citation: Moskalenko E. S., Postnikova A. B., Vitomskova E. A. Spread of anisacidosis and diphyllbothriasis of marine and freshwater fishes in the conditions of the Magadan region. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 137–144. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-137-144.

Введение. Проблема зооантропонозных гельминтозов (анизакидозы, дифиллоботриозы), в передаче возбудителей которых участвуют многие виды рыб как пресноводной, так и морской фауны, привлекает пристальное внимание учёных не только в нашей стране, но и за её пределами.

По данным отечественной и зарубежной литературы известно, что морская рыба является источником заражения человека лавральным анизакидозом, широко распространённым во всём мире и вошедшим в число наиболее социально и экономически значимых проблем [1–3, 6, 7].

Ихтиопаразитологическими исследованиями установлено, что возбудителями дифиллоботриозов рыб являются *D. latum*, *D. luxi*, *D. dendriticum* [5]. Для северного Приохотья (в границах Магаданской области) вопрос изучения распространения возбудителей дифиллоботриоза морских и пресноводных рыб имеет принципиальное значение для понимания эпи-

демиолого-эпизоотологической ситуации по этому заболеванию в области.

У инвазированной рыбы могут изменяться вкусовые качества и товарный вид, чем наносится значительный экономический ущерб рыбоперерабатывающим предприятиям. В таком крупном регионе, как Северо-Восток России, до конца 1980-х гг. никто не занимался вопросами целенаправленного и крупномасштабного изучения инвазий промысловых морских рыб гельминтами, представляющих эпизоотологическую и эпидемиологическую значимость. В статье обобщены собственные данные и результаты ранее выполненного нами многолетнего ихтиопаразитологического мониторинга.

Целью исследования выступает изучение распространения анизакидоза и дифиллоботриоза морских и пресноводных рыб в рыбохозяйственных водоёмах региона на основании результатов ихтиопаразитологических исследований.

Материал и методики исследования. Ихтиопаразитологические исследования выполнялись с 1989 по 2021 гг. в лаборатории Магаданского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Материалом для исследования служила морская рыба: кета (*Oncorhynchus keta*), горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*), кижуч (*Oncorhynchus kisutch*), корюшка малоротая (*Hypomesus olidus*), корюшка зубатая (*Osmerus eperlanus dentex*), палтус белокожий (*Hippoglossus hippoglossus stenolepis*), палтус синекорый (*Reinhardtius hippoglossoid esmatsuurae*), камбала колючая (*Acanthopsetta nadeshnyi*), камбала звёздчатая (*Platichthys stellatus*) и пресноводная рыба: чир (*Coregonus nasus*), пыжьян (*Coregonus lavaretus pidschian*), валёк (*Prosopium cylindraceus*), ленок (*Brachymystax lenok*), хариус сибирский (*Thymallus arcticus*).

Исследование рыбы проводилось методом неполного гельминтологического вскрытия в соответствии с методикой паразитологического инспектирования морской рыбы и рыбной продукции (1989). Видовую принадлежность гельминтов определяли, основываясь на их морфометрической характеристике [4].

Оценка заражённости рыбы определялась показателями:

1) экстенсивности инвазии – доля заражённых особей в процентах от общего количества обследованной рыбы;

2) интенсивности инвазии – среднее число гельминтов в заражённой рыбе с учётом предельных значений;

3) индекса обилия – число гельминтов на одну исследованную особь;

4) среднего числа гельминтов на один килограмм массы заражённой рыбы.

Исследования проводились в Ольском, Северо-Эвенском и Среднеканском районах Магаданской области в акватории Охотского моря и устьях рек: Яна, Армань, Тауй, Ола, Яма, Ойра, Ланковая, Иреть, Тахтояма, Гарманда, Гижига, Наяхан, бассейн реки Колыма (основное русло и притоки Черкан, Буюнда, Чегодан, Джегдян).

Результаты и их обсуждение. Исследовано 2 772 экземпляра рыб морской фауны и 288 экземпляра пресноводных видов рыб. Многолетний ихтиопаразитологический мониторинг показал, что среди морских рыб североохотоморских популяций особенно распространён анизакидоз, общая заражённость которым составила 66,4 %.

У всех исследованных видов рыб обнаружены возбудители анизакидоза трёх видов: *Anisakis simplex*, *Pseudoterranova*

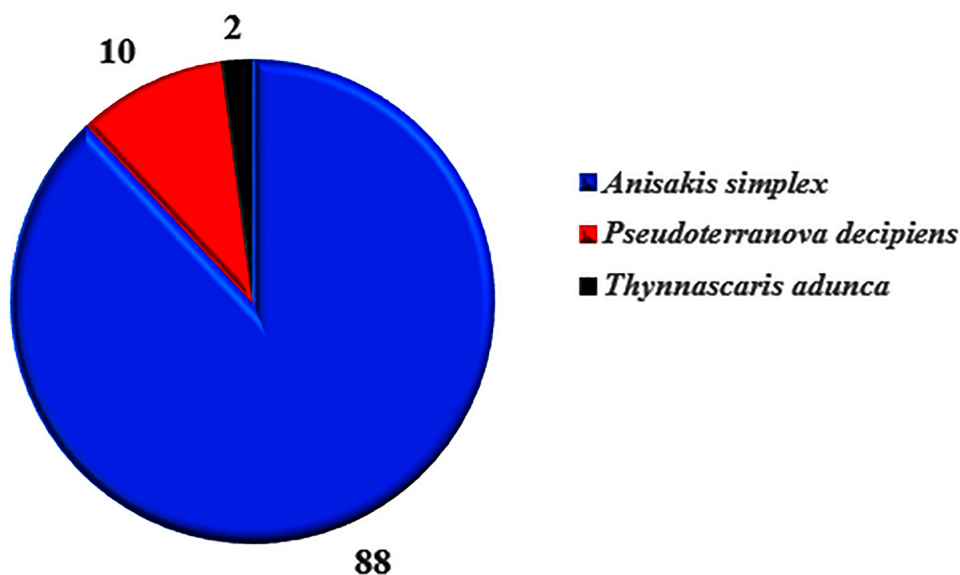


Рисунок 1 – Содержание личинок анизакид в мышцах рыб, процентов

decipiens и *Thynnascaris adunca*. В структуре видовой принадлежности анизакидных личинок, выделенных из мышц исследуемых рыб, лидирующее место принадлежит *Anisakis simplex* (рис. 1).

Считается, что наиболее добываемые виды рыб – это проходные тихоокеанские лососёвые: кета, горбуша, кижуч. Поэтому вызывает интерес вопрос поражения мышечной ткани (мышц) рыбы, как самой используемой части тела для употребления в пищу и рыбопереработки. Инвазирование мышц данных видов рыб достигает высоких значений и варьирует от 86,5 до 100,0 % (табл. 1).

Анализ данных показывает, что распределение гельминтов в мышцах тела рыбы неравномерное. Так, у кеты, горбуши и кижуча наибольшее количество

анизакидных личинок приходится на долю *Anisakis simplex*, располагающихся в брюшных мышцах (ниже средней линии тела рыбы). При этом показатели заражённости составляют 94,1, 98,0 и 94,1 % соответственно. Локализация остальных двух видов анизакид строго специфична: для *Pseudoterranova decipiens* – в мышцах спины, для *Thynnascaris adunca* – в брюшных мышцах.

У горбуши, кеты и кижуча отмечена одновременная инвазия нематодами *Anisakis simplex*, *Pseudoterranova decipiens* и *Thynnascaris adunca* в двух или трёхвидовом сочетании. Экстенсивность инвазии этими гельминтами достигала высоких значений, варьируя от 86,0 до 100,0 %. У корюшки малоротой, корюшки зубатой, палтуса белокорого, палтуса синекорого, камбалы колочей и кам-

Таблица 1 – Видовой состав гельминтов и показатели заражённости мышечной ткани лососёвых рыб по периодам промысла 1996, 1997, 2003 и 2021 г.

Вид гельминта	КИ	ЭИ	ИИ	ИИ, средняя	ИО	Гельминтов, экз.		Доля гельминтов, процент	
						на один килограмм мышц	всего	мышцы спины	брюшные мышцы
Кета (<i>Oncorhynchus keta</i>) (n=222)									
<i>Anisakis simplex</i>	222	100,0	1–57	11,8±0,9	11,8	3,80	2 616	5,9	94,1
<i>Pseudoterranova decipiens</i>	154	69,3	1–3	1,2±0,2	0,87	0,28	193	100,0	–
<i>Thynnascaris adunca</i>	37	16,6	1–2	2,0±0,7	0,33	0,10	75	–	100,0
Горбуша (<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>) (n=156)									
<i>Anisakis simplex</i>	135	86,5	1–28	2,4±0,7	2,30	1,90	371	2,0	98,0
<i>Pseudoterranova decipiens</i>	32	20,5	1–2	1,0	0,20	0,17	34	100,0	–
<i>Thynnascaris adunca</i>	8	5,1	1–2	2,0±0,2	0,09	0,07	15	–	100,0
Кижуч (<i>Oncorhynchus kisutch</i>) (n=205)									
<i>Anisakis simplex</i>	179	87,3	5–56	11,3±4,1	9,90	2,90	2 616	5,9	94,1
<i>Pseudoterranova decipiens</i>	74	41,3	2–4	1,0	0,87	0,29	193	100,0	–
<i>Thynnascaris adunca</i>	48	26,8	2–3	0,7	0,33	0,10	75	–	100,0
Примечания: 1 КИ – количество инвазированных особей, экземпляров. 2 ЭИ – экстенсивности инвазии, %. 3 ИИ – интенсивность инвазии, экз. гельминтов. 4 ИО – индекс обилия, экз. гельминтов. 5 Методологические пояснения расчёта указанных показателей изложены в разделе «Материал и методики исследования» данной статьи.									

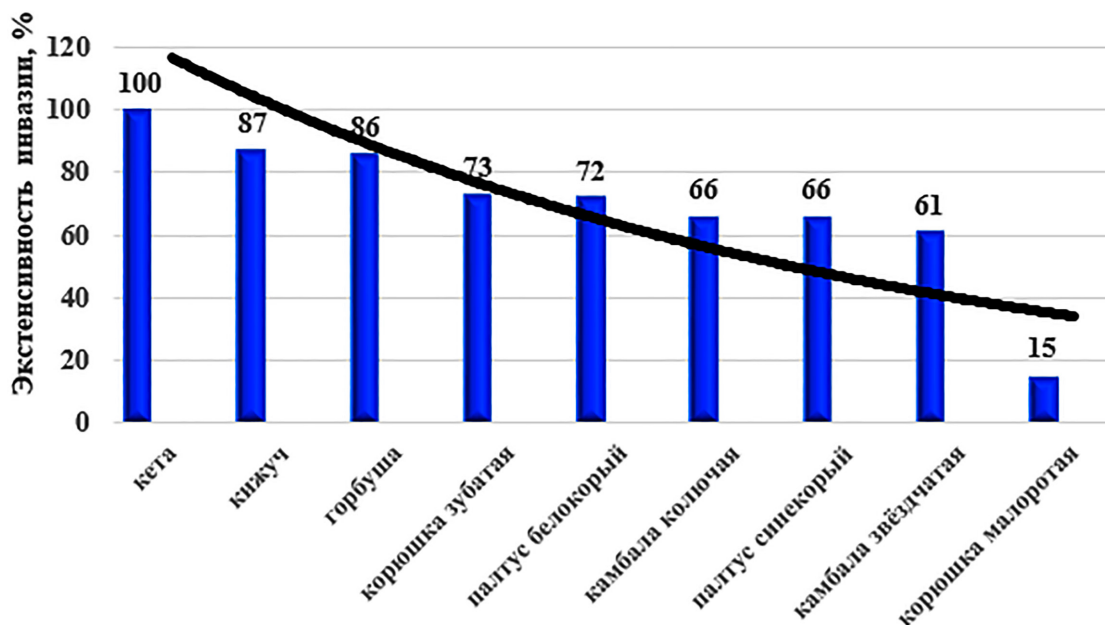


Рисунок 2 – Уровень заражённости рыб личинками анизакид с мышечной локализацией, %

балы звёздчатой зарегистрированы два вида возбудителей анизакидоза: *Anisakis simplex* и *Pseudoterranova decipiens*, при экстенсивности инвазии от 15,0 до 73,0 % (рис. 2).

Анализируя показатели интенсивности инвазии нематодами *Anisakis simplex*, видим, что самые высокие показатели отмечаются у кеты и кижуча – $11,8 \pm 0,9$ экз. и $11,3 \pm 4,1$ экз. соответственно. У всех остальных видов рыб значения интенсивности инвазии минимальны и варьируют от 0,2 до $4,2 \pm 0,7$ экз (рис. 3).

Дифиллоботриоз занимает второе место по значимости среди рыб морской и пресноводной фауны с общей заражённостью 52,6 %. В результате ихтиопаразитологических исследований нами выявлены четыре вида плероцеркоидов дифиллоботриид: *Diphyllobothrium luxi*, *Diphyllobothrium dendriticum*, *Diphyllobothrium ditremum*, *Diphyllobothrium sobolevi*.

В соавторстве с А. М. Сердюковым, нами впервые в 1994 и 1996 гг. в северной части Охотского моря у кеты и горбуши обнаружены плероцеркоиды дифиллоботриид типа F, впоследствии с уточнением таксономического статуса как *Diphyllobothrium luxi*. Заражённость рыбы этим видом лентеца достигала невысоких значений: у кеты – 2,8 %, горбуши – от 5,2

до 8,0 % при интенсивности инвазии, равной единице.

У морских и пресноводных рыб нами обнаружен другой эпидемиолого-эпизоотологически значимый вид (*Diphyllobothrium dendriticum*), плероцеркоиды которого локализовались на внутренних органах кеты, горбуши и кижуча при экстенсивности инвазии 20,0, 4,3 и 20,0 % соответственно. Интенсивность инвазии составила один экземпляр. Харитус сибирский, выловленный в верховьях реки Яма Ольского района, оказался инвазированным *Diphyllobothrium dendriticum* на 20,7 % при интенсивности инвазии 2,9 экземпляра. Плероцеркоиды обнаружены на внутренних органах (печени, кишечнике, под оболочкой ястыка).

Нами окончательно решён вопрос видовой принадлежности дифиллоботриид от малоротой и зубатой корюшек. Результаты исследований показали, что плероцеркоиды *Diphyllobothrium sobolevi* наиболее схожи с *Diphyllobothrium ditremum*, но имеют ряд существенных различий по жизнеспособности в пресной воде, длине тела после расслабления и особенности локализации на внутренних органах рыбы. Изучено 520 плероцеркоидов, как в живом, так и в фиксированном состоянии.

Исследование пресноводных видов рыб выполнялось во время трёх экспеди-

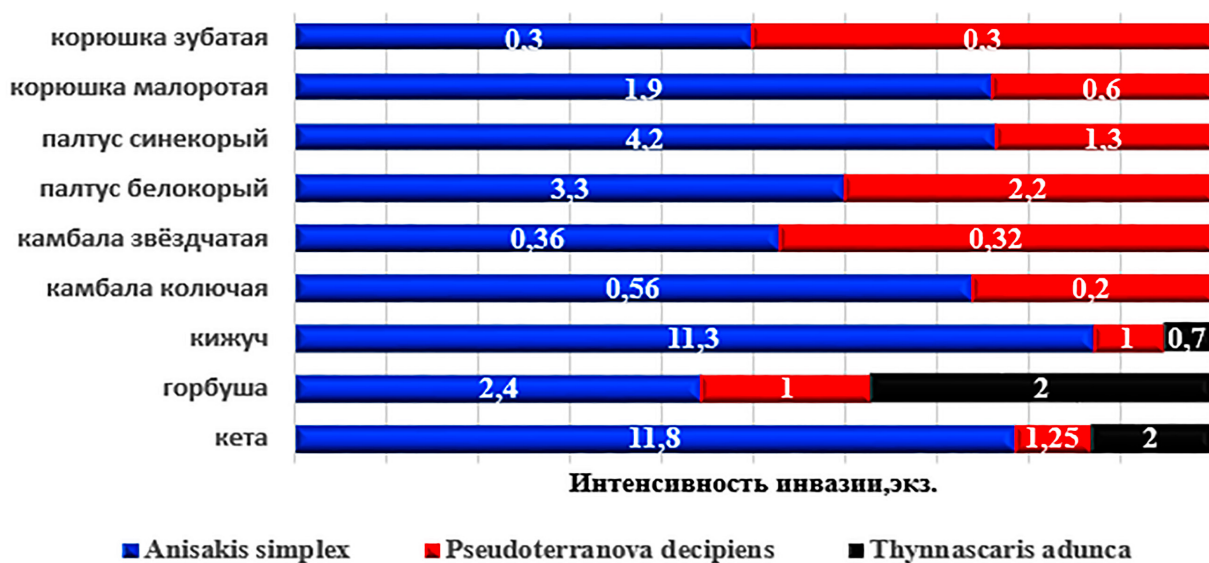


Рисунок 3 – Средняя интенсивность инвазии морских рыб личинками анизакид, экз.

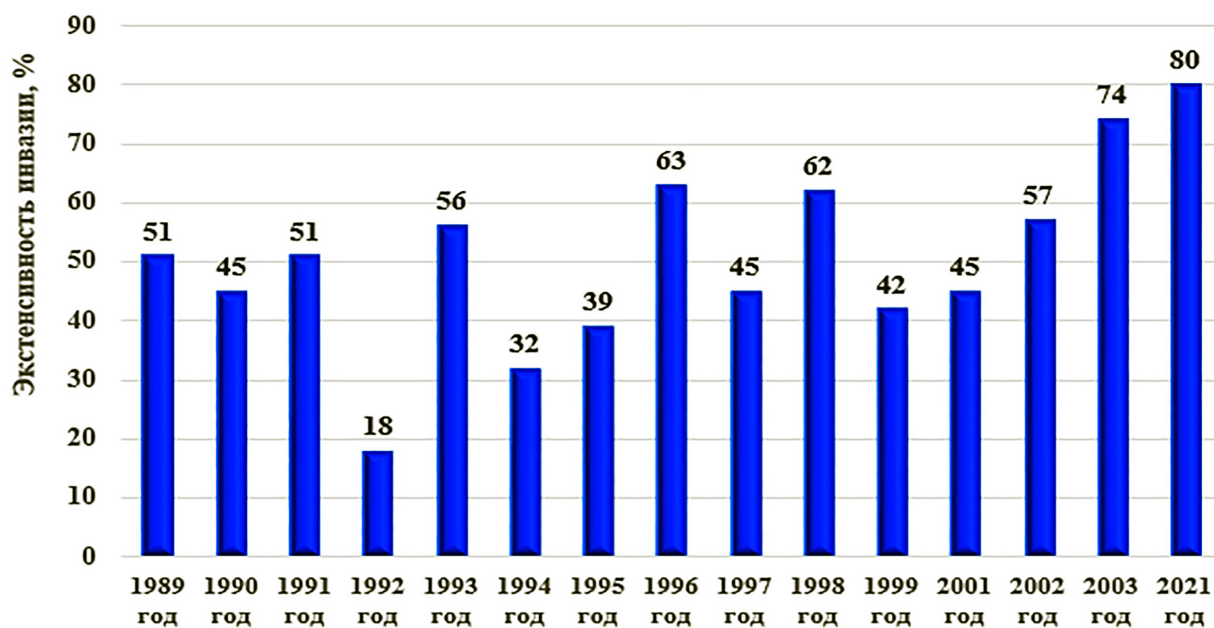


Рисунок 4 – Динамика общей заражённости морских и пресноводных рыб возбудителями дифиллоботриоза, %

ционных выездов в верховья реки Колыма Среднеканского района (бассейн Северного Ледовитого океана).

Заражённость пресноводных рыб *Diphyllobothrium ditremum* зафиксирована примерно на одном значении (8,5–17,8 %). Показатели интенсивности инвазии значительно разнятся у рыб на межвидовом уровне. Так, у чира отмечен самый высокий средний показатель – 45,0 экземпляра на одну особь; у сига-пыжьяна, валька и

ленка интенсивность инвазии составила 8,0, 12,0 и 9,5 экземпляра на особь соответственно.

Проводя анализ данных общей заражённости морских и пресноводных рыб, можно сделать вывод, что минимальное значение экстенсивности инвазии на уровне 18,0 % отмечалось в 1992 году. С 1989 по 2002 гг. этот показатель варьировал от 32,0 до 63,0 %, и лишь в 2003 и 2021 гг.

он достиг наивысших значений – 74,0 и 80,0 % соответственно (рис. 4).

Мы впервые провели анализ фауны зоогельминтов и выяснили, что она имеет гетерогенный характер и состоит из представителей арктического пресноводного комплекса: *Diphyllobothrium dendriticum*, *Diphyllobothrium ditremum*; и гельминтов морской группы: *Anisakis simplex*, *Pseudoterranova decipiens*, *Thynnascaris adunca*, *Diphyllobothrium luxi*, *Diphyllobothrium sobolevi*. По численности видов преобладающим является фаунокомплекс с паразитами, входящими в морскую группу. Отметим, что фауна цестод представлена зоогельминтами, входящими в арктический пресноводный комплекс и в морскую группу.

Выводы. На основании вышеизложенного, можно заключить, что аниза-

кидоз и дифиллоботриоз имеют широкое распространение среди рыб открытых и замкнутых водоёмов Магаданской области. У исследованных рыб обнаружены возбудители анизакидоза трёх видов: *Anisakis simplex*, *Pseudoterranova decipiens*, *Thynnascaris adunca*. Возбудители дифиллоботриоза представлены четырьмя видами: *Diphyllobothrium luxi*, *Diphyllobothrium dendriticum*, *Diphyllobothrium ditremum* и *Diphyllobothrium sobolevi*.

Средняя многолетняя заражённость возбудителями анизакидоза и дифиллоботриоза составила 66,4 % и 52,6 % соответственно. На основании полученных результатов исследований нами будут разработаны методические рекомендации для предоставления их в заинтересованные ведомства ветеринарной и медицинской служб.

Список источников

1. Витомскова Е. А. Гельминты промысловых рыб северного Приохотья, опасные для человека и животных : автореф. дис. ... канд. вет. наук. М., 2000. 19 с.
2. Витомскова Е. А. Гельминты промысловых рыб северной части бассейна Охотского моря, опасные для человека и животных. Магадан : Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук, 2003. 132 с.
3. Вялова Г. П. Паразитозы кеты и горбуши Сахалина (возбудители, эпизоотология, патогенез, меры профилактики) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Южно-Сахалинск, 1999. 22 с.
4. Мусселиус В. А., Ванятинский В. Ф. Лабораторный практикум по болезням рыб. М. : Лёгкая и пищевая промышленность, 1983. 296 с.
5. Сердюков А. М. Дифиллоботрииды Западной Сибири. Новосибирск : Наука, 1979. 120 с.
6. Сердюков А. М. Проблема анизакидоза // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1993. № 2. С. 50–54.
7. Эпизоотологическое состояние болезней лососёвых рыб рода *Oncorhynchus* северной части Охотского моря / А. М. Сердюков, Е. А. Витомская, Е. А. Зайкова [и др.] // Сельское хозяйство Севера на рубеже тысячелетий. Магадан, 2004. С. 242–247.

References

1. Vitomskova E. A. Gel'minty promyslovyh ryb severnogo Priohot'ya, opasnye dlya cheloveka i zhiivotnyh [Helminths of commercial fish of northern Okhotsk region, dangerous for humans and animals]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moskva, 2000, 19 p. (in Russ.).
2. Vitomskova E. A. Gel'minty promyslovyh ryb severnoj chasti bassejna Ohotskogo morya, opasnye dlya cheloveka i zhiivotnyh [Helminths of commercial fish in the northern part of Okhotsk Sea Basin, which are dangerous for the human beings and animals], Magadan, Magadanskij nauchno-issledovatel'skij institut sel'skogo hozyajstva Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk, 2003, 132 p. (in Russ.).

3. Vyalova G. P. Parazitozy kety i gorbushi Sahalina (vzbuditeli, epizootologiya, patogenez, mery profilaktiki) [Parasites of pink salmon and chum salmon of Sakhalin (pathogens, epizootology, pathogenesis, preventive measures)], *Extended abstract of candidate's thesis*. Iuzhno-Sakhalinsk, 1999, 22 p. (in Russ.).

4. Musselius V. A., Vanyatinskij V. F. *Laboratornyj praktikum po boleznyam ryb [Laboratory Workshop on Fish Diseases]*, Moskva, Lyogkaya i pishchevaya promyshlennost', 1983, 296 p. (in Russ.).

5. Serdyukov A. M. *Difillobotriidy Zapadnoj Sibiri [Diphyllobothriidae of Western Siberia]*, Novosibirsk, Nauka, 1979, 120 p. (in Russ.).

6. Serdiukov A. M. Problema anizakidoza [Anisacidosis problem]. *Meditinskaja parazitologiya i parazitarnye bolezni. – Medical parasitology and parasitic diseases*, 1993; 2: 50–54 (in Russ.).

7. Serdyukov A. M., Vitomskova E. A., Zaikova E. A., Islamgaleeva G. R. Epizootologicheskoe sostoyanie boleznej lososyovyh ryb roda *Oncorhynchus* severnoj chasti Ohotskogo morya [Epizootic state of diseases of salmonids of the genus *Oncorhynchus* in the northern part of the Sea of Okhotsk] // *Sel'skoe hozyajstvo Severa na rubezhe tysyacheletij [Agriculture of the North at the turn of the millennium]*, Magadan, 2004, P. 242–247 (in Russ.).

© Москаленко Е. С., Постникова А. Б., Витомскова Е. А., 2021

Статья поступила в редакцию 12.08.2021; одобрена после рецензирования 12.10.2021; принята к публикации 09.12.2021.

The article was submitted 12.08.2021; approved after reviewing 12.10.2021; accepted for publication 09.12.2021.

Информация об авторах

Москаленко Екатерина Сергеевна, лаборант-испытатель, Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, caterina.moskalenko2015@yandex.ru;

Постникова Анна Борисовна, лаборант-испытатель, Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, posa_anna1999@mail.ru;

Витомскова Екатерина Анатольевна, научный сотрудник, Магаданский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ekaterinaseymchan@mail.ru

Information about authors

Ekaterina S. Moskalenko, Test Lab Assistant, Magadan Research Institute of Agriculture, caterina.moskalenko2015@yandex.ru;

Anna B. Postnikova, Test Lab Assistant, Magadan Research Institute of Agriculture, posa_anna1999@mail.ru;

Ekaterina A. Vitomskova, Researcher, Magadan Research Institute of Agriculture, ekaterinaseymchan@mail.ru

УДК 639.1.053(571.17)

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-145-156

Цифровой учёт крупных охотничьих животных на больших территориях (на примере Кемеровской области – Кузбасса)

Александр Юрьевич ПросековКемеровский государственный университет,
Кемеровская область, Кемерово, Россия, rector@kemsu.ru

Аннотация. В статье рассмотрен широкий спектр вопросов эффективности экологического мониторинга с помощью цифровых технологий в рамках природоохранных мероприятий Кемеровской области (Кузбасса). Проблемы многофакторного развития агросектора с помощью цифровых технологий входят в широкий научный контекст цифровизации агропромышленного комплекса. Цифровые методы учёта крупных животных на больших территориях являются значимым источником для получения информации о биоразнообразии региона, о ситуации с многими видами охотничьих животных. Но эти современные методы контроля животного мира и методы зимних маршрутных учётов охотничьих животных весьма различны. В данном исследовании на территории двух административных районов Кемеровской области (Крапивинского и Тисульского) осуществлён анализ численности охотничьих животных. Данный анализ проводился по авторской методологии, которая связана с органичным сочетанием цифровых и традиционных методов мониторинга животных. Результаты исследования показали, что учёт охотничьих ресурсов с использованием цифровых технологий в рамках изучаемой территории по многим видам и территориям отличается от данных зимних маршрутных учётов. При этом многие расхождения чаще являются биологически объяснимыми. В тоже время, поскольку опыт цифрового учёта остаётся относительно ограниченным, проведенные работы требуют дополнительного анализа методических и организационных подходов в регионе.

Ключевые слова: мониторинг биоразнообразия, биологические ресурсы, рациональное природопользование, Кемеровская область, охотничьи животные, динамика численности, цифровой учёт, беспилотные летательные системы

Для цитирования: Просеков А. Ю. Цифровой учёт крупных охотничьих животных на больших территориях (на примере Кемеровской области – Кузбасса) // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 145–156. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-145-156.

Digital accounting of large hunting animals in large territories (on the example of the Kemerovo region – Kuzbass)

Aleksandr Yu. ProsekovKemerovo State University, Kemerovo region, Kemerovo, Russia,
rector@kemsu.ru

Abstract. The article considers a wide range of issues of the effectiveness of environmental monitoring using digital technologies in the framework of environmental protection measures of the Kemerovo region (Kuzbass). The problems of multifactorial development of the agricultural sector with the help of digital technologies are included in the broad scientific context of digitalization of the agro-industrial complex. Digital methods of accounting for large animals in large territories are an important source for obtaining information about the biodiversity of the region, about the situation with many species of hunting animals. But these modern methods of wildlife control and methods of winter route accounting of hunting animals are very different. In this study, an analysis of the number of hunting animals was carried out on the territory of two administrative districts of the Kemerovo region (Krapivinsky and Tisulsky). This analysis was carried out according to the author's methodology, which was associated with an organic combination of digital and traditional methods of animal monitoring. The results of this study showed that the accounting of

hunting resources using digital technologies within the studied territory differed in many species and territories from the data of winter route accounting. At the same time, many discrepancies are more often biologically explicable. At the same time, since the experience of digital accounting remains relatively limited, the work carried out requires additional analysis of its methodological and organizational approaches in the region.

Keywords: biodiversity monitoring, biological resources, rational nature management, Kemerovo region, hunting animals, population dynamics, digital accounting, unmanned aerial systems

For citation: Prosekov A. Yu. Digital accounting of large hunting animals in large territories (on the example of the Kemerovo region – Kuzbass). *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 145–156. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-145-156.

Введение. Одним из центральных вопросов социально-экономического развития охотничьего хозяйства является учёт животных. Вопрос выбора того или иного метода учёта стоит особенно остро. В статье рассмотрен широкий спектр проблем эффективности экологического мониторинга с помощью цифровых технологий в рамках природоохранных мероприятий Кемеровской области.

Многофакторное развитие агросектора с помощью цифровых технологий входит в мировой научный контекст цифровизации агропромышленного комплекса [5, 11, 19, 25, 27, 28]. В этом плане проблема максимально эффективного учёта животных, в том числе с привлечением цифровых технологий, не теряет своей актуальности [26].

В ряде работ [2, 13] представлены результаты анализа различных методов учёта животных. Повсеместно применяются традиционные методы [4, 20, 21].

Некоторые экспериментальные исследования проводились в условиях Карельского перешейка на площади 10,5 тысяч гектаров [23]. Полученные результаты и их сравнение с другими имеющимися многолетними данными о численности лосей показывают сопоставимость различных подходов к оценке численности охотничьих животных. В целях устойчивого использования природных ресурсов при учёте лосей применены хорошо известная методика, доступные современные средства получения и обработки данных.

При этом весьма актуальными считаются методы с использованием цифровых технологий [1, 3, 7, 10, 22]. В этом плане осуществлены наблюдения за перемещениями десяти диких оленей [12], оснащенных спутниковыми передатчиками

системы *Argos*, построения 3D цифровых моделей местности с отображением положения объектов учёта, мест станций и маршрутов миграции и т. д. Данные для построения моделей пригодности среды обитания в местных и региональных пространственных масштабах, полученные с помощью удалённых камер и GPS-ошейников, используют также, чтобы отследить встречаемость лосей в местах их обитания [24].

Достоинства и недостатки учёта при применении того или иного метода анализируются с различных точек зрения: объект учёта (лось, косуля, кабан и другие виды животных); выбор пробной площадки (если речь идёт о методе учёта шумовым прогоном); зависимость от того, что учитывается и подсчитывается (численности самих животных, учёт следов, учёт с применением обычной аэрофотосъёмки и в инфракрасных лучах и многое другое).

В наших предыдущих работах мы обращались к очерченной проблематике [16, 17]. При этом описывались основные ограничения традиционных методов мониторинга (зимнего маршрутного учёта, авиаучёта, подсчёта животных методом прогона и многое другое [14, 15].

Перспективным направлением по устранению недостатков признавалось внедрение цифровых технологий, поскольку их потенциал практически в любой отрасли связан с возможностью создания цифровых копий реальных объектов, анализа больших объёмов данных, принятия наиболее обоснованных решений и выполнения конкретных действий автоматически, без участия человека. Себестоимость такой деятельности, как правило, оказывается значительно ниже, чем у традиционной аналоговой. На этом фоне был теоретически освещён авторский ме-

тод модификации авиаучёта с помощью цифровых технологий. В данной работе акцент сделан на эмпирической и методологической составляющих учёта крупных животных на территории Кемеровской области.

Целью настоящей работы является изучение использования традиционной и цифровой методологии учёта охотничьих животных в сопоставительном аспекте в рамках исследования динамики численности охотничьих животных Западной Сибири (Кемеровской области).

Для реализации данной цели был осуществлён анализ данных о состоянии охотничьих видов животных в Кемеровской области.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования является территория Кемеровской области, а именно охотничьи ресурсы двух административных районов (Крапивинского и Тисульского). Основной особенностью авторской методологии, как отмечалось выше, служит совместное использование тепловизионной и фотосъёмки, что не исключается и в существующих методических рекомендациях [6].

Для проведения исследований использовался беспилотный летательный аппарат самолётного типа *Supercam S250*, изготовленный ООО «Беспилотные системы» (г. Ижевск) с размахом крыльев 2,53 м. Данная модель имеет следующие характеристики: время полёта: до трёх часов; дальность полёта: до 180 км; скорость: от 65 до 120 км/час; способность удаляться от оператора управления на 50–70 км (предел действия радиолинии), способность подниматься на высоту от 50 до 500 м.

Данный беспилотный летательный аппарат имеет широкий диапазон условий эксплуатации. Он может функционировать при скорости ветра до 15 м/с, температуре воздуха от минус 50 до 45 °С, а также при умеренном дожде или снегопаде. Это позволяло проводить съёмку, в том числе в достаточно неблагоприятных погодных условиях. Взлётная масса данного аппарата составляет 7,5–9,5 кг, что даёт возможность устанавливать два объекта полезной нагрузки (например, фотокамеру и тепловизор). Также на борту имеется приёмник глобальной спутниковой системы нави-

гации для осуществления максимально точного координатного управления. Взлёт *Supercam S250* производится с эластичной или пневматической катапульты. Посадка производится на парашюте с системой отцепки строп. Для непосредственной съёмки животных использовались размещаемые на аппарате фотокамера и тепловизор.

Фотокамера модели *Sony RX1R II* является полнокадровой (без кроп-фактора), что позволяет осуществлять захват необходимого пространства для съёмки без дополнительного маневрирования беспилотного летательного аппарата, мешающего плановому прохождению учётного маршрута. Очень высокое разрешение снимка создаёт возможность для последующей визуальной идентификации различных видов животных, полученных на снимках и видео.

Выбор для исследования тепловизионной камеры модели *АТОМ500* обусловлен её компактностью, малой массой, низким энергопотреблением, широким допустимым диапазоном условий работы. Практически эта техника может использоваться в самых неблагоприятных температурных и влажностных условиях. Уровень чувствительности прибора позволяет уверенно выделять тепловые сигнатуры животных уже при температурах ниже 5–10 °С, то есть значительную часть года.

Выборочный учёт численности животных проводили с применением беспилотных летательных систем в период с января по февраль 2020 г. При этом для выделения категории «лес» учитывали результаты комплексной качественной оценки элементов среды обитания в соответствии с постановлением Губернатора Кемеровской области от 08.11.2016 № 80-ПП «Об утверждении схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Кемеровской области» по видам ключевых охотничьих животных для рационализации обследуемых площадей [9]. Такой подход позволил как дополнительно верифицировать данные учёта с использованием цифровых технологий [18], так и уточнить известные представления о различии плотности животных в угодьях с разным бонитетом.

Для проведения учётных работ на территории обследуемых муниципальных районов Кемеровской области выделены

Таблица 1 – Характеристики районов выборочного учёта крупных охотничьих животных в Кемеровской области

Показатели	Благородный олень (марал)	Косуля сибирская	Лось	Кабан
Площадь района, тыс. га:				
– Тисульский район	806,0	806,0	806,0	806,0
– Крапивинский район	693,0	693,0	693,0	–
Площадь, пригодная для обитания, тыс. га:				
– Тисульский район	552,7	675,3	570,2	681,3
– Крапивинский район	574,9	564,9	484,9	–
Хорошие угодья, тыс. га:				
– Тисульский район	327,9	227,9	2,6	не определены
– Крапивинский район	290,1	194,2	12,1	–
Средние угодья, тыс. га:				
– Тисульский район	15,6	93,3	327	не определены
– Крапивинский район	51,8	10,9	289,6	–
Плохие угодья, тыс. га:				
– Тисульский район	209,1	354,0	212,9	не определены
– Крапивинский район	233,0	359,8	183,2	–

Таблица 2 – Характеристика объёмов учётных работ по районам

Параметры	Тисульский район	Крапивинский район
Площадь исследуемой территории, тыс. га	681	575
Минимально необходимая площадь обследования, тыс. га	61	52
Ширина учётной полосы маршрутов, км	0,4	0,4
Запланированная общая длина маршрутов, км	1 513	1 300

пригодные для обитания площади по видам животных с учётом бонитировки взамен площади «лес».

Результаты и их обсуждение. В рамках исследования был обозначен подход, в котором сочетаются обычные и тепловизионные съёмки. При этом представлен эмпирический анализ мониторинга крупных охотничьих животных в Кемеровской области (табл. 1).

Как видно из таблицы, площадь исследуемой территории была определена

как наибольшая из площадей, пригодных для обитания всех видов животных в пределах муниципальных районов (например, 675 тыс. га в Тисульском районе для косули сибирской, 575 тыс. га в Крапивинском районе для марала и т. д.).

Далее проведены расчёты необходимого объёма учётных работ (табл. 2) в соответствии с установленными нормативами для площади от ста тысяч гектаров до одного миллиона гектаров.

На основании запланированной общей длины маршрутов выполняется планирование маршрутов на местности с учётом перекрытия по оси маршрута не менее 10 % (для тепловизионной съёмки). Распределение маршрутов по исследуемой территории выполнялось в соответствии с требованием репрезентативности, с учётом необходимости охвата хороших, средних и плохих угодий по разным видам животных.

Так, в Крапивинском районе маршруты закладывались на лесостепном левобережье и в правобережной части на плоскогорье Кузнецкого Алатау, включая особо охраняемые природные территории района. В Тисульском районе при закладке маршрутов охватывались лесостепь и тайга.

Результаты программной обработки данных ведомостей авиаучёта с беспилотного летательного аппарата представлены в таблице 3. Полученные значения указывают на существенные расхождения в ряде случаев между данными зимних маршрут-

ных учётов и результатами учёта с применением фотосъёмки и тепловой съёмки с беспилотного летательного аппарата.

Если говорить о лосе, то расхождение достигают 17–23 %. Даже с учётом статистической ошибки можно сделать вывод, что зимние маршрутные учёты в Тисульском и Крапивинском районах завысили численность лося.

В Тисульском районе имеет место значительный недоучёт косули, что также связано с недостаточной репрезентативностью унифицированных маршрутов зимнего маршрутного учёта по отношению к фактически крайне неравномерному территориальному распределению косули, о чём уже говорилось выше. Более высокая протяжённость маршрутов учёта беспилотного летательного аппарата и включение угодий с высоким бонитетом для косули позволили более точно учесть, в том числе труднодоступные при прохождении наземных маршрутов территории.

Иная ситуация в Крапивинском районе, где обнаружено лишь семь косуль по

Таблица 3 – Результаты учёта различных охотничьих видов животных по районам Кемеровской области

Параметры	Тисульский район			Крапивинский район		
	благородный олень (марал)	сибирская косуля	лось	благородный олень (марал)	сибирская косуля	лось
Протяжённость маршрута, км	1 512,5	1 512,5	1 512,5	1 300,0	1 300,0	1 300,0
Исследуемая площадь, тыс. га	681,3	681,3	681,3	574,9	574,9	574,9
Обследуемая площадь, тыс. га	60,5	60,5	60,5	52,0	52,0	52,0
Покрытие, %	8,88	8,88	8,88	9,05	9,05	9,05
Количество особей на обследуемой площади	43	104	24	3	7	33
Плотность или количество особей на одну тыс. га	0,67	1,72	0,39	0,05	0,13	0,63
Расчётная численность на исследуемой площади, особей	491	1 254	284	29	80	388
Относительная статистическая ошибка, %	7,94	8,32	16,40	7,91	8,15	18,10
Численность по существующим учётным данным, особей	448	916	370	26	100	465

сравнению со ста особями при использовании зимнего маршрутного учёта. Это отличие от Тисульского района связано с плохой доступностью значительной части угодий последнего. В отдалённой труднодоступной местности часть популяции оказывается недоступной для учёта. Напротив, Крапивинский район имеет лучшую транспортную доступность, маршруты зимнего маршрутного учёта проще для учётчика на лыжах или снегоходе, так как достаточно много просек, опушек. По-видимому, к завышению численности косули привел хорошо известный эффект краевой зоны и структуры леса [8].

Таким образом, расхождение результатов учёта имеет вполне адекватные биологические объяснения. Кроме того, в Крапивинском районе реальная интенсивность охоты существенно выше, чем в хуже освоенном и отдалённом Тисульском районе (об этом свидетельствует уровень использования квот, экспертные оценки, неформализованная информация), что может косвенно свидетельствовать о разных подходах к планированию отстрела.

Данные по учёту благородного оленя (марала) оказались несколько занижены. Фактически в обоих обследованных районах авиаучёт с использованием беспилотного летательного аппарата позволил идентифицировать больше животных, чем зимний маршрутный учёт. В Крапивинском районе расхождение составило три неучтённых марала. В Тисульском районе оно достигает практически 10 %. В первом случае занижение объясняется общей низкой численностью вида, который попадает в учёт спорадически. Во втором, речь может идти о такой концентрации благородного оленя на полянах, опушках, перемежающих черневую тайгу, при которой ошибка зимнего маршрутного учёта становится достаточно большой.

Только в случае более равномерной закладки маршрутов, пересекающих уголья разного типа, включая объективно труднодоступные, становится возможным более точно определить численность марала. Добавим также, что на квоты Тисульского района в последние годы приходится около половины лимита добычи этого животного в регионе. И эта квота осваивается полностью, что также косвенно указывает на активное развитие популя-

ции и отсутствие практики сознательного завышения численности при учёте.

Также отметим, что на Тисульский район приходится почти 10 % квоты на добычу лося в Кемеровской области, тогда как освоение квоты неполное, и это косвенно указывает на преувеличение учётных данных. Завышение учётных данных вполне объяснимо даже объективными причинами – наличием существенной доли плохо доступных участков на территории Тисульского и Крапивинского районов, которые сложно охватить учётом, и где лось имеет плотность, отличную от средней.

Кабан учитывался только в Тисульском районе, поскольку в Крапивинском он не встречен и не был обнаружен автором в значимых количествах при проведении учётных работ с использованием цифровых технологий (хотя известны случаи проникновения животных с территории Чебулинского и Тисульского районов). Тем не менее исследование показало очень низкую плотность кабана в Тисульском районе (табл. 4).

На обследованной территории площадью 61 тысяча гектаров была идентифицирована только одна особь, поэтому экстраполировать эти данные на всю территорию района, пригодную для обитания кабана, достаточно сложно. В любом случае речь идет об единичных особях и отсутствии какого-либо потенциала для роста собственной популяции в Тисульском районе. В принципе кабан может распространиться только путем более активной миграции из других районов, например, Чебулинского, где ведутся активные работы по его разведению.

Заключение. Таким образом, изучение в сопоставительном аспекте традиционной и цифровой методологии учёта охотничьих животных на территории Кемеровской области позволило выявить существенные расхождения в ряде случаев между данными зимних маршрутных учётов и результатами мониторинга с применением фотосъёмки и тепловой съёмки с беспилотным летательным аппаратом.

Предлагаемое устройство (беспилотный летательный аппарат с камерой и тепловизором) представляет собой современное средство, способное фотографировать животных в различных погодных

Таблица 4 – Результаты учета кабана в Тисульском районе Кемеровской области

Параметры	Тисульский район
Протяженность маршрута, км	1 513,0
Исследуемая площадь, тыс. га	681,0
Обследуемая площадь, тыс. га	61,0
Покрытие, %	9,00
Количество особей на обследуемой площади	1
Плотность или количество особей на одну тысячу гектаров	0,01
Расчётная численность на исследуемой площади, особей	7
Относительная статистическая ошибка, %	24,00
Численность по существующим учетным данным, особей	10

условиях. Этот метод решает проблемы традиционных методов учёта: от наличия труднодоступных мест до недобросовестности в обработке результатов. Данные, полученные с камер устройства, накапливаются в облачных базах данных и обрабатываются разработанной нами программой.

Относительно динамики численности лося, расхождения достигают от 17 до 23 %. Учитывая некоторого рода погрешности при подсчёте, отметим следующее. Зимний маршрутный учёт в Тисульском и Крапивинском районах весьма сильно завысил количество лосей.

Наблюдается значительный недоучёт особей сибирской косули в Тисульском районе. В Крапивинском районе обнаружено лишь семь косуль по сравнению со стами особями при использовании зимнего маршрутного учёта. Такая ситуация обусловлена недостаточной репрезентативностью унифицированных маршрутов зимнего маршрутного учёта по отношению к фактически крайне неравномерному территориальному распределению косули.

В свою очередь, заниженными оказались и учётные данные по численности популяции благородного оленя (марала).

В этом же плане исследование показало очень низкую плотность кабана в Тисульском районе. На территории Крапивинского района он не замечен автором в значимом количестве при проведении учётных работ с использованием цифро-

вых технологий. Идентифицирована только одна особь, поэтому экстраполировать эти данные на всю территорию района, пригодную для обитания кабана, достаточно сложно.

Фактически в обоих изученных районах авиаучёт с использованием беспилотного летательного аппарата позволил выследить больше животных, чем зимний маршрутный учёт. Завышение учётных данных вполне объяснимо объективными причинами – наличием существенной доли плохо доступных участков на территории данных районов, которые сложно охватить учётом, и где лось имеет плотность, отличную от средней.

Опыт применения авиаучёта с помощью беспилотного летательного аппарата показал, что данное оборудование не меняет основополагающих принципов учёта, поскольку традиционный метод используется с другим техническим принципом полёта и исключением влияния человеческого фактора.

Представляется, что этот метод больше подходит для подсчёта крупных животных. Беспилотный летательный аппарат практически не зависит от погодных условий, у него меньший «фактор беспокойства».

Не вызывает сомнений, что в настоящее время необходимо совершенствовать традиционные методы и разрабатывать новые методики мониторинга животного мира с использованием модернизированных принципов как прямого подсчёта

численности, так и дополнительного обоснования биологических и экологических требований к плотности учёта. На сегодняшний день ведётся активная доработка метода зимнего маршрутного учёта и многих других традиционных методов мониторинга, что позволяет повысить качество и надёжность полученных данных.

Предлагаемый нами способ использования беспилотного летательного аппарата с фото- и тепловизионной камерой позволяет получать точные данные. При этом труднодоступных мест практически не существует, а проблему с отличием

живых объектов от неживых помогает решить тепловизор. Кроме того, обработка извлечённой информации может реализовываться третьими лицами, что приводит к снижению субъективизма ошибок и преднамеренного искажения данных.

Одной из перспектив развития экологического мониторинга объектов природного мира является внедрение широкого спектра новых технологий, особенно цифровых. Они выводят приём и анализ информации на принципиально новый уровень, имеющий важное значение для науки и практики.

Список источников

1. Буянов И. Ю., Кочкарев А. П. Изучение миграции, сезонного размещения и суточной активности дикого северного оленя с помощью спутниковых радиошейников и авиаучётов // Национальная ассоциация ученых. 2015. № 9. С. 92–96.
2. Глушков В. М., Кетова Н. С. Зимний маршрутный учёт: оценка работы двух методов // Гуманитарные аспекты охоты и охотничьего хозяйства. 2020. № 1 (26). С. 5–28.
3. Греков О. А. К методике проведения авиаучёта охотничьих животных с использованием беспилотных летательных аппаратов // Вестник охотоведения. 2018. № 3 (15). С. 176–186.
4. Камбалин В. С., Пермяков Б. Г. Непримириемые противоречия в оценке численности охотничьих ресурсов // Современные проблемы охотоведения : сб. науч. тр. Молодёжный : Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского, 2021. С. 83–87.
5. Кошкараров А. В., Кошкарарова Т. А. Технологии сбора и анализа данных в цифровом сельском хозяйстве: барьеры и условия для внедрения и использования // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. 2018. № 5. С. 100–104.
6. Методические рекомендации по авиаучёту лося и других лесных копытных животных на больших территориях / В. А. Кузякин [и др.]. М. : Росинформагротех, 2009. 31 с.
7. Методология использования фотоловушек для оценки обилия и сезонных изменений населения млекопитающих на примере Зейского заповедника / С. А. Подольский [и др.] // Байкальский зоологический журнал. 2019. № 2 (25). С. 6–12.
8. Морфометрический анализ / А. А. Данилкин [и др.] // Европейская и сибирская козули. М. : Наука, 1992. С. 25–43.
9. Об утверждении схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Кемеровской области : Постановление Губернатора Кемеровской области от 08.11.2016 № 80-ПП // Техэксперт. URL: <http://docs.cntd.ru/document/444787436> (дата обращения 13.08.2020).
10. Опыт применения беспилотных летательных аппаратов для учёта диких копытных животных / Н. А. Моргнунов [и др.] // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2016. № 20 (25). С. 46–52.
11. Переход сельского хозяйства к цифровым, интеллектуальным и роботизированным технологиям / Е. А. Скворцов [и др.] // Экономика региона. 2018. № 3 (14). С. 1014–1028.
12. Предварительные результаты изучения миграции северных оленей Таймыро-Эвенкийской популяции с использованием спутниковой системы Argos (GPS) в 2015–2016 гг. / А. П. Савченко [и др.] // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (136). С. 206–213.
13. Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) в точном земледелии / Д. О. Хорт [и др.] // Фермер. 2016. № 8. С. 34–37.

14. Просеков А. Ю. Внедрение цифровых технологий в методы учета охотничьих животных // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2020. №3 (59). С. 268–274.
15. Просеков А. Ю. Характеристика и ключевые ограничения традиционных методов учёта охотничьих животных и цифровые технологии для решения существующих проблем (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 4 (21). С. 341–354.
16. Просеков А. Ю., Бойко Е. В. Охотустройство Кемеровской области – Кузбасса // Научная жизнь. 2021. № 1 (16). С. 127–138.
17. Просеков А. Ю., Каган Е. С., Мешечкин В. В. Прогнозная модель динамики численности лося в Кемеровской области // Вестник охотоведения. 2020. № 2 (17). С. 100–106.
18. Просеков А. Ю., Рада А. О., Кузнецов А. Д. [и др.]. Программа для обработки тепловизионных снимков и видеоматериалов с целью определения точных координат экстремумов интенсивности инфракрасного излучения : программа для ЭВМ № 2019615436 Рос. Федерация ; заявл. 18.04.2019 ; опубл. 26.04.2019. URL: https://www1.fips.ru/registers-docview/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2019615436&TypeFile=html (дата обращения 13.08.2020).
19. Рада А. О. Организационно-экономический механизм внедрения цифровых технологий на предприятиях сельского хозяйства: на материалах Кемеровской области – Кузбасса : автореф. дис. ... канд. эконом. наук. Новосибирск, 2020. 27 с.
20. Скуматов Д. В. Прямая оценка пересчётного коэффициента зимнего маршрутного учёта для лося в реальных условиях на конкретной территории или недостоверность официальных данных государственного мониторинга охотничьих ресурсов // Гуманитарные аспекты охоты и охотничьего хозяйства. 2020. № 3 (28). С. 20–34.
21. Скуматов Д. В., Юдин А. А. Результаты учёта лосей прогоном в процессе охоты // Охотничье дело в России. История и современность: материалы всерос. конф. (Санкт-Петербург, 4–5 апреля 2018 г.). СПб. : Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет, 2018. С. 90–95.
22. Широбокова С. Н., Сериков О. Н. Информационная система мониторинга и учета использования охотничьих ресурсов: аспекты реализации на технологической платформе «1С:Предприятие 8.3» // Новые информационные технологии в образовании : сб. науч. тр. Москва : «1С-Пабблишинг», 2021. С. 327–330.
23. Юдин А. А., Скуматов Д. В. Оценка численности лосей по весеннему учету их экскрементов // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 4 (56). С. 124–133.
24. Habitat use as indicator of adaptive capacity to climate change / C. S. Teitelbaum [et al.] // Diversity and Distributions. 2021. Vol. 4 (27). P. 655–667.
25. Mapping the irrigated rice cropping patterns of the Mekong delta, Vietnam, through hyper-temporal SPOT NDVI image analysis / T. H. Nguyen [et al.] // International Journal of Remote Sensing. 2012. Vol. 33. P. 415–434.
26. Reducing environmental damage through the use of unmanned aerial vehicles as the best available technology / E. A. Fedulova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 115. P. 1–7.
27. Small B. Digital technology and agriculture: foresight for rural enterprises and rural lives in New Zealand // Journal of Agriculture and Environmental Sciences. 2017. Vol. 6. P. 54–77.
28. Smart farming is key to developing sustainable agriculture / A. Walter [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2017. Vol. 24 (114). P. 6148–6150.

References

1. Buyanov I. Yu., Kochkarev A. P. Izuchenie migratsii, sezonnogo razmeshcheniia i sutochnoy aktivnosti dikogo severnogo olenia s pomoshch'yu sputnikovyh radioosheynikov i aviauchetov [The study of migration, seasonal distribution and daily activity of wild reindeer

with satellite radio collars and aerial surveys]. *Nacional'naya asociaciya uchenykh*. – *National Association of Scientists*, 2015; 9: 92–96 (in Russ.).

2. Glushkov V. M., Ketova N. S. Zimnij marshrutnyj uchyot: oценка raboty dvuh metodov [Winter route accounting: evaluation of the work of two methods]. *Gumanitarnye aspekty ohoty i ohotnich'ego hoziaystva*. – *Humanitarian aspects of hunting and hunting economy*, 2020; 1 (26): 5–28 (in Russ.).

3. Grekov O. A. K metodike provedeniia aviaucheta ohotnich'ih zivotnykh s ispol'zovaniem bespilotnykh letatel'nykh apparatov [On the methodology of conducting an aerial survey of hunting animals using unmanned aerial vehicles]. *Vestnik ohotovedeniia*. – *Bulletin of Hunting*, 2018; 3 (15): 176–186 (in Russ.).

4. Kambalin V. S., Permiakov B. G. Neprimirime protivorechiia v otsenke chislennosti ohotnich'ih resursov [Irreconcilable contradictions in the estimation of the number of hunting resources]. Proceeding from *Sovremennye problemy ohotovedeniia – Modern problems of hunting*. (PP. 83–87), Molodezhnyy, Irkutskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni A. A. Ezhevskogo, 2021 (in Russ.).

5. Koshkarov A. V., Koshkarova T. A. Tekhnologii sbora i analiza dannykh v tsifrovom sel'skom hoziaystve: bar'ery i usloviia dlia vnedreniia i ispol'zovaniia [Technologies for data collection and analysis in digital agriculture: barriers and conditions for implementation and use]. *Sovremennaiia nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki*. – *Modern science: actual problems of theory and practice*, 2018; 5: 100–104 (in Russ.).

6. Kuziakin V. A. [et al.]. *Metodicheskie rekomendatsii po aviauchetu losia i drugikh lesnykh kopytnykh zivotnykh na bol'shikh territoriiakh* [Guidelines for aerial survey of moose and other forest ungulates in large areas], Moskva, Rosinformagrotekh, 2009, 31 p. (in Russ.).

7. Podol'skiy S. A., Kastrikin V. A., Levik L. Yu., Gordeeva Ya. S. Metodologiya ispol'zovaniia fotolovushek dlia otsenki obilii i sezonnykh izmeneniy naseleniia mlekopitayushchih na primere Zeyskogo zapovednika [Methodology of using camera traps to assess the abundance and seasonal changes of the mammalian population on the example of the Zeysky Reserve]. *Baykal'skiy zoologicheskii zhurnal*. – *Baikal Zoological Journal*, 2019; 2 (25): 6–12 (in Russ.).

8. Danilkin A. A., Markov G. G., Shtubbe K., Stryuchkov A. Yu. Morfometricheskii analiz [Morphometric analysis] // *Evropeyskaia i sibirskaia kosuli* [European and Siberian roe deer], Moskva, Nauka, 1992, P. 25–43 (in Russ.).

9. Postanovlenie Gubernatora Kemerovskoy oblasti ot 08 noyabrya 2016 g. № 80-PG “Ob utverzhdenii skhemy razmeshcheniia, ispol'zovaniia i ohrany ohotnich'ih ugodiy na territorii Kemerovskoy oblasti” [The Resolution of the Governor of the Kemerovo region of November 08, 2016 No. 80-PG “On approval of the scheme of placement, use and protection of hunting grounds on the territory of the Kemerovo region”]. *Docs.cntd.ru* Retrieved from <http://docs.cntd.ru/document/444787436> (Accessed 13 August 2020) (in Russ.).

10. Morgunov N. A., Kul'pin A. A., Lomanova N. V., Maslennikov A. V., Ponomarenko S. L. Opyt primeneniia bespilotnykh letatel'nykh apparatov dlia ucheta dikih kopytnykh zivotnykh [The experience of using unmanned aerial vehicles to account for wild ungulates]. *Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaochnogo universiteta*. – *Bulletin of the Russian State Agrarian Correspondence University*, 2016; 20 (25): 46–52 (in Russ.).

11. Skvortsov E. A., Skvortsova E. G., Sandu I. S., Iovlev G. A. Perekhod sel'skogo hoziaystva k tsifrovym, intellektual'nym i robotizirovannym tekhnologiyam [The transition of agriculture to digital, intelligent and robotic technologies]. *Ekonomika regiona*. – *Economy of the region*, 2018; 3 (14): 1014–1028 (in Russ.).

12. Savchenko A. P., Savchenko I. A., Savchenko P. A., Emel'ianov V. I., Karpova N. V., Temerova V. L. [et al.]. Predvaritel'nye rezul'taty izucheniia migratsii severnykh oleney Taymyro-Evenkiyskoy populiatsii s ispol'zovaniem sputnikovoy sistemy Argos (GPS) v 2015-2016 gg. [Preliminary results of studying the migration of Taimyr reindeer Evenki of the population with the use of the Argos satellite system (GPS) 2015-2016]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2018; 1 (136): 206–213 (in Russ.).

13. Hort D. O., Lichman G. I., Filippov R. A., Belenkov A. I. Primenenie bespilotnykh letatel'nykh apparatov (dronov) v tochnom zemledelii [The use of unmanned aerial vehicles (drones) in precision agriculture]. *Fermer. – Farmer*, 2016; 8: 34–37 (in Russ.).

14. Prosekov A. Yu. Vnedrenie tsifrovyykh tekhnologiy v metody ucheta ohotnich'ih zhivotnykh [Introduction of digital technologies into methods of accounting for hunting animals]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. – News of the Nizhnevolzhsky Agrarian University Complex*, 2020; 3 (59): 268–274 (in Russ.).

15. Prosekov A. Yu. Harakteristika i klyuchevye ogranicheniia traditsionnykh metodov ucheta ohotnich'ih zhivotnykh i tsifrovyye tekhnologii dlia resheniia sushchestvuyushchih problem (obzor) [Characteristics and key limitations of traditional methods of accounting for hunting animals and digital technologies for solving existing problems (review)]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – Agricultural Science Euro-North-East*, 2020; 4 (21): 341–354 (in Russ.).

16. Prosekov A. Yu., Boyko E. V. Ohotustroystvo Kemerovskoy oblasti – Kuzbassa [Hunting management of the Kemerovo region – Kuzbass]. *Nauchnaia zhizn'. – Scientific life*, 2021; 1 (16): 127–138 (in Russ.).

17. Prosekov A. Yu., Kagan E. S., Meshechkin V. V. Prognoznaia model' dinamiki chislennosti losia v Kemerovskoy oblasti [Predictive model of moose population dynamics in the Kemerovo region]. *Vestnik ohotovedeniia. – Bulletin of Hunting*, 2020; 2 (17): 100–106 (in Russ.).

18. Prosekov A. Yu., Rada A. O., Kuznetsov A. D., Shumelev D. I., Prokop'ev G. O., Teptyuk A. D. Programma dlia obrabotki teplovizionnykh snimkov i videomaterialov s tsel'yu opredeleniia tochnykh koordinat ekstremumov intensivnosti infrakrasnogo izlucheniia [Program for processing thermal imaging images and video materials in order to determine the exact coordinates of the extremes of infrared radiation intensity] *Programma dlya EVM RF, no. 2019615436 2019* Retrieved from https://www1.fips.ru/registers-docview/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2019615436&TypeFile=html (Accessed 13 August 2020) (in Russ.).

19. Rada A. O. Organizatsionno-ekonomicheskii mekhanizm vnedreniia tsifrovyykh tekhnologiy na predpriatiiah sel'skogo hoziaystva: na materialah Kemerovskoy oblasti – Kuzbassa [Organizational and economic mechanism for the introduction of digital technologies at agricultural enterprises: based on the materials of the Kemerovo region – Kuzbass]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Novosibirsk, 2020, 27 p. (in Russ.).

20. Skumatov D. V. Priamaia otsenka pereschetnogo koeffitsienta zimnego marshrutnogo uchyota dlia losia v real'nykh usloviiah na konkretnoy territorii ili nedostovernost' ofitsial'nykh dannykh gosudarstvennogo monitoringa ohotnich'ih resursov [Direct assessment of the conversion coefficient of the winter route accounting for elk in real conditions on a specific territory or the unreliability of official data of the state monitoring of hunting resources]. *Gumanitarnye aspekty ohoty i ohotnich'ego hoziaystva. – Humanitarian aspects of hunting and hunting economy*, 2020; 3 (28): 20–34 (in Russ.).

21. Skumatov D. V., Yudin A. A. Rezul'taty ucheta losey progonom v protsesse ohot [Results of accounting for moose by running in the process of hunting]. Proceedings from Hunting business in Russia. History and modernity: *Vserossiyskaya konferenciya (4-5 apreliya 2018 g.) – Russian National Conference*. (PP. 90–95), Sankt-Petersburg, Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet, 2018 (in Russ.).

22. Shirobokova S. N., Serikov O. N. Informatsionnaia sistema monitoringa i ucheta ispol'zovaniia ohotnich'ih resursov: aspekty realizatsii na tekhnologicheskoy platforme "1S: Predpriatie 8.3" [Information system for monitoring and accounting for the use of hunting resources: aspects of implementation on the "1C technology platform: Enterprise 8.3"]. Proceeding from *Novye informatsionnye tekhnologii v obrazovanii – New information technologies in education*. (PP. 327–330), Moskva, "1S-Publishing", 2021 (in Russ.).

23. Yudin A. A., Skumatov D. V. Otsenka chislennosti losey po vesennemu uchetu ih ekskrementov [Estimation of the number of moose by spring accounting of their excrement]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Herald*, 2020; 4 (56): 124–133 (in Russ.).

24. Teitelbaum C. S., Claire S., Siren A. P. K., Coffel E., Foster J. R. Habitat use as indicator of adaptive capacity to climate change. *Diversity and Distributions*. 2021; 4 (27): 655–667.

25. Nguyen T. H., Bie C. D., Ali A., Smaling E., Chu T. H. Mapping the irrigated rice cropping patterns of the Mekong delta, Vietnam, through hyper-temporal SPOT NDVI image analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 2012; 33: 415–434.

26. Fedulova E. A., Akulov A. O., Rada A. O., Alabina T. A., Savina Yu. Yu. Reducing environmental damage through the use of unmanned aerial vehicles as the best available technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018; 115: 1–7.

27. Small B. Digital technology and agriculture: foresight for rural enterprises and rural lives in New Zealand. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 2017; 6: 54–77.

28. Walter A., Finger R., Huber R., Buchmann N. Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2017; 24 (114): 6148–6150.

© Просеков А. Ю., 2021

Статья поступила в редакцию 19.10.2021; одобрена после рецензирования 24.11.2021; принята к публикации 06.12.2021.

The article was submitted 19.10.2021; approved after reviewing 24.11.2021; accepted for publication 06.12.2021.

Информация об авторах

Просеков Александр Юрьевич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Кемеровский государственный университет, rector@kemsu.ru

Information about the authors

Aleksandr Yu. Prosekov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Kemerovo State University, rector@kemsu.ru

УДК 636.084.42

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-157-164

Сравнительная оценка влияния цеолитов разных месторождений на обмен веществ и продуктивность кур

Роини Леванович Шарвадзе¹, Кетеван Рубеновна Бабухадия²,
Андрей Андреевич Пензин³, Чэнь Юэцзюэ⁴

^{1,2,3,4} Дальневосточный государственный аграрный университет,
Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ fvmz@dalgau.ru, ² kbabukhadiya@mail.ru, ³ penzin9898@mail.ru, ⁴ 873361527@qq.com

Аннотация. В России на сегодняшний день разработаны и освоены более 20 месторождений природных цеолитов. Крупные месторождения имеются и на Дальнем Востоке. Несмотря на то, что дальневосточными учеными уже разработаны оптимальные нормы включения местных цеолитов в рационы животных и птиц, практически отсутствуют публикации о сравнительном анализе влияния оптимальных доз цеолитов разных месторождений на обмен веществ и продуктивность кур. С целью изучения этого вопроса были проведены научно-хозяйственный и физиологический опыты в условиях ООО «Красная звезда». На группах-аналогах испытывали влияние цеолитов разных месторождений при включении их в рацион кур в объёме 5 % от сухого вещества рациона. После проведенного анализа полученных результатов можем констатировать, что включение в рацион 5 % цеолитов от сухого вещества корма положительно влияет на обмен веществ в организме птицы, повышает усвояемость питательных веществ. Благодаря этому увеличивается продуктивность птицы: растёт яйценоскость и улучшается товарное качество полученной продукции, увеличивается толщина скорлупы и снижается процент боя. При сравнительном анализе степени влияния цеолитов разных месторождений (Вангинское, Иннокентьевское, Хонгуриновское) на обмен веществ, продуктивность и качество полученной продукции не было выявлено достоверных различий. В условиях птицефабрик Амурской области с одинаковым успехом можно использовать цеолиты Вангинского, Иннокентьевского и Хонгуриновского месторождений в количестве 5 % от сухого вещества рациона. Это позволит улучшить обмен веществ и увеличить яйценоскость на 9–10 %, не снижая качества товарной продукции.

Ключевые слова: цеолиты, куры, переваримость, яйценоскость, скорлупа, яичная масса, производственные показатели

Для цитирования: Шарвадзе Р.Л., Бабухадия К.Р., Пензин А.А., Чэнь Юэцзюэ. Сравнительная оценка влияния цеолитов разных месторождений на обмен веществ и продуктивность кур // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 157–164. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-157-164.

Comparative effect assessment of zeolites of different deposits on the metabolism and productivity of hens

Roini L. Sharvadze¹, Ketevan R. Babukhadiya²,
Andrey A. Penzin³, Chen Yuetszyue⁴

^{1,2,3,4} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

¹ fvmz@dalgau.ru, ² kbabukhadiya@mail.ru, ³ penzin9898@mail.ru, ⁴ 873361527@qq.com

Abstract. Today more than 20 deposits of natural zeolites have been developed in Russia. There are also large deposits in the Far East. Despite the fact that Far Eastern scientists have already developed optimal norms for the inclusion of local zeolites in animal and bird diets, there are practically no publications in the open press on the comparative effect analysis of the optimal zeolite doses of different deposits on the metabolism and productivity of hens. In order to study this issue, the scientific, economic and physiological experiments were conducted in the conditions of LLC “Krasnaya Zvezda”. The effect of zeolites of different deposits was tested on similar groups

by the hen dietary inclusion of zeolite in the amount of 5 % of the diet dry matter. After analyzing the obtained results, we can state that the dietary zeolite inclusion in the amount of 5 % of feed dry matter has a positive metabolism effect in the poultry body and increases the nutrient digestibility. Due to this, the poultry productivity increases: egg production increases and the commercial quality of the obtained products improves, the shell thickness increases and the egg breakage percentage decreases. The comparative analysis of the influence degree of zeolites of different deposits (Vanginskoye, Innokentievskoye, Khongurinskoye) on metabolism, productivity and quality of the obtained products did not reveal significant differences. In the conditions of poultry farms of the Amur region, the zeolites of the Wanginsky, Innokentievsky and Khongurinsky deposits in the amount of 5 % of the diet dry matter can be used with equal success. This will improve metabolism and increase egg production by 9–10 % without reducing the quality of marketable products.

Keywords: zeolites, hens, digestibility, egg production, egg shell, egg mass, production indicators

For citation: Sharvadze R. L., Babukhadiya K. R., Penzin A. A., Chen Yuetszyue. Comparative effect assessment of zeolites of different deposits on the metabolism and productivity of hens. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 157–164. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-157-164.

Введение. На современном этапе развития животноводства птицеводство занимает ведущее место и является одной из быстроразвивающихся отраслей. Себестоимость птицеводческой продукции на 70 % зависит от стоимости кормов. Поэтому использование недорогих кормовых средств, разработка на их основе кормовых добавок и внедрение в производство комбикормов является наиболее перспективной тенденцией в совершенствовании рецептов кормовых рационов. В качестве таких добавок ещё в конце XX в. успешно стали применять цеолиты [1, 4, 5, 6]. Ещё с того времени учеными проведены десятки опытов по применению цеолитов в кормлении птицы в качестве минеральной добавки. Разработаны оптимальные нормы их включения в комбикорма для разных половозрастных групп.

В Российской Федерации на сегодняшний день разработаны и освоены более 20 месторождений природных цеолитов. Крупные месторождения имеются и на территории Дальневосточного федерального округа: в республике Саха (Якутия), Хабаровском и Приморском краях, Амурской и Сахалинской областях, Еврейской автономной области.

Цеолиты из разных регионов сформировались в разных геолого-географических условиях. Поэтому их минеральный состав и химико-физические свойства отличаются. Это означает, что в каждом отдельном случае требуется детальное изучение доз применения и анализ качества цеолитов [3, 5, 6].

Несмотря на то, что учеными-дальневосточниками (В. С. Морозов., Н. П. Старикова, М. Г. Гамидов, В. В. Панкратов, Ю. А. Гаврилов, Н. П. Кутилов, Н. М. Черноградская и др.) разработаны оптимальные нормы включения цеолитов Дальневосточного месторождения в рационы животных и птицы, практически отсутствуют публикации по сравнительному изучению применения цеолитов разных месторождений [2, 3, 4, 6, 7, 9, 10].

Целью проведенных исследований являлось сравнительное изучение влияния цеолитов разных месторождений на обмен веществ и продуктивные качества кур-несушек промышленного стада.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) определить переваримость основных питательных веществ;
- 2) рассчитать коэффициенты усвоения и баланс азота, кальция и фосфора;
- 3) определить продуктивность кур-несушек;
- 4) оценить качество полученной продукции.

Методика исследований. Для достижения цели и решения поставленных задач в условиях птицефабрики общества с ограниченной ответственностью «Красная Звезда», расположенной в селе Новоивановка Свободненского района, был проведен научно-хозяйственный опыт.

В возрасте 22 недель были подобраны курочки кросса хайсекс коричневый в количестве 250 голов, которые были поде-

Таблица 1 – Схема опыта и условия кормления подопытной птицы

Группа	Количество голов (n)	Условия кормления
Контрольная	50	основной рацион
I опытная	50	основной рацион + 5 % от сухого вещества рациона цеолита Вангинского месторождения
II опытная	50	основной рацион + 5 % от сухого вещества рациона цеолита Иннокентьевского месторождения
III опытная	50	основной рацион + 5 % от сухого вещества рациона цеолита Хонгуриновского месторождения
IV опытная	50	основной рацион + 5 % гравия от сухого вещества рациона

лены на пять групп (аналогов) по 50 голов в каждой. Продолжительность опыта составила 20 недель. Схема опыта и условия кормления приведены в таблице 1.

На птицефабрике используются кормовые средства собственного производства, имеется свой комбикормовый цех. Для получения полноценного рациона в комбикорм также включают кормовые добавки и премикс, приобретённые у разных поставщиков в г. Благовещенск.

В целом, рацион кур был сбалансирован и соответствовал нормам Всероссийского научно-исследовательского и технологического института птицеводства. Рецепт применяемого комбикорма (СКПК-1) состоял из кормов собственного производства: кукуруза – 27 %, пшеница – 25 %, овес без пленок – 10 %, шрот соевый СП 44 – 9 %, шрот подсолнечный СП 36 – 7 %, мука известковая – 6,5 %, масло соевое – 3 %, мука рыбная СП 63 – 1,8 %, фосфат дефторированный – 1,25 %, метионин 98,5-процентный – 0,16 %, монохлоргидрат лизина 98-процентный – 0,14 %, соль поваренная – 0,15 %, гравий – 8 % и премикс – 1 %.

На птицефабрике принят клеточный способ содержания кур. Несушки содержались в клеточных батареях КБН-4. Подопытные группы располагались в одном птичнике (в аналогичных условиях), от пяти до семи голов в каждой клетке. Цеолиты и гравий вносили в кормушку вручную два раза в день. Суточная норма составляла 5 % от сухого вещества рациона на голову.

Для достижения поставленной цели ежедневно вели учет яичной продуктивности каждой группы. Для определения переваримости питательных веществ, усвоения азота, кальция и фосфора в конце эксперимента в составе научно-хозяйственного опыта был проведён балансовый опыт. Также нами установлено качество яйца на 20-й неделе опыта.

Результаты и обсуждение. По итогам проведенного физиологического опыта (табл. 2) установлено, что коэффициенты переваримости основных органических веществ – протеина, жира, клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) у кур-несушек в I, II и III опытных группах были выше, чем у кур из контрольной и IV опытных групп.

Между опытными группами, за исключением IV группы, достоверной разницы не обнаружено. В IV опытной группе, где взамен цеолита в комбикорм включали аналогичное количество гравия, переваримость питательных веществ оказалась ниже, чем в контрольной группе.

Достоверная разница в пользу опытных групп по сравнению с контрольной наблюдалась только в четырёх случаях: по протеину – в первой опытной группе, по жиру – в первой и третьей опытных группах, по безазотистым экстрактивным веществам – во второй опытной группе.

Кроме переваримости органических веществ в опыте был определен баланс азота, кальция и фосфора. По азоту между контрольной и опытными группами

Таблица 2 – Переваримость питательных веществ (n=3)

В процентах

Группа	Коэффициент переваримости			
	протеина	жира	БЭВ	клетчатки
Контроль	72,9±1,04	69,5±1,48	73,4±1,37	11,3±1,01
I опытная	75,6±0,08*	74,0±1,01*	76,1±1,95	11,9±1,11
II опытная	75,1±1,02	72,8±1,66	76,8±1,01*	11,8±1,10
III опытная	75,3±1,92	74,0±0,08**	75,7±2,12	11,8±1,10
IV опытная	70,1±1,31	67,2±1,40	68,4±2,21	10,4±0,09

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

Таблица 3 – Усвоение и баланс азота, кальция и фосфора, (n=3)

Показатели	Группа				
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Азот (N)					
Принято с кормом, г	3,14±0,12	3,13±0,09	3,13±0,09	3,12±0,11	3,13±0,10
Выделено с пометом, г	1,42±0,03	1,35±0,02*	1,33±0,03*	1,40±0,08	1,50±0,07
Усвоено, г	1,72	1,78	1,8	1,72	1,63
Коэффициент усвоения, %	54,8	56,86	57,50	55,12	52,08
Кальций (Ca)					
Принято с кормом, г	3,96±0,02	4,12±0,07*	4,10±0,05*	4,09±0,04**	3,95±0,07
Выделено с пометом, г	2,01±0,01	1,98±0,04	2,01±0,05	2,02±0,04	2,02±0,06
Усвоено, г	1,95	2,14	2,09	2,07	1,93
Коэффициент усвоения, %	49,24	51,94	50,98	50,61	48,86
Фосфор (P)					
Принято с кормом, г	0,98±0,012	0,99±0,031	1,01±0,018	1,01±0,015	0,97±0,021
Выделено с пометом, г	0,55±0,015	0,53±0,009	0,51*±0,013	0,53±0,008	0,55±0,009
Усвоено, г	0,43	0,46	0,50	0,48	0,42
Коэффициент усвоения, %	43,88	46,46	49,50	47,52	43,30

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

достоверной разницы нами не установлено, за исключением IV опытной группы, где куры дополнительно получали взамен 5 % цеолита такое же количество гравия. В этой группе коэффициент усвоения азота составил 52,08 % против 54,8 % в контрольной группе.

Относительно кальция и фосфора картина меняется. В первой, второй и третьей опытных группах наблюдается повышение коэффициентов усвоения, в то время как в четвертой опытной группе этот показатель снижается. Это можно объяснить содержанием кальция и фосфора в составе цеолитов, которые были введены в рацион кур. Необходимо отметить, что

выраженное отличие между I, II и III группами не наблюдалось.

В яичном птицеводстве основная цель – это получение максимального количества яиц с высоким качеством при минимальных затратах. В конце опыта за 22 недели нами подведены итоги по яйценоскости (табл. 4).

В опытных группах, в которых куры получали цеолиты разного месторождения в количестве 5 % от сухого вещества, было получено больше яиц, чем в контрольной и IV опытных группах. В I, II и III опытных группах на начальную несушку было получено на 10,14 %, 9,17 % и

Таблица 4 – Производственные показатели за период научно-хозяйственного опыта

Показатели	Группа				
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Валовый сбор яиц, шт.	5 181	5 705	5 656	5 660	5 104
Получено яиц на начальную несушку, шт	103,6	114,1	113,1	113,2	102,1
Получено яиц на начальную несушку, % к контролю	100,00	110,14	109,17	109,27	98,55
Интенсивность яйценоскости, %	67,3	74,1	73,4	74,5	66,3
Пало птиц за период опыта, гол.	4	2	2	3	5
Валовый сбор яичной массы за опыт, кг	291,69	322,33	319,56	319,22	286,33
Средняя масса яиц, г	56,3	56,5	56,5	56,4	56,1
Толщина скорлупы, мм	0,37±0,003	0,38±0,005	0,38±0,005	0,38±0,007	0,36±0,004
Масса скорлупы, г	5,71±0,06	5,82±0,08	5,79±0,08	5,80±0,06	5,72±0,07
Масса скорлупы, в % от массы яиц	9,60	9,65	9,67	9,65	9,74
Бой яиц, шт	120	95	92	98	101
Бой яиц, %	2,32	1,67	1,63	1,73	1,98
Расход корма на десять яиц, кг	1,78	1,62	1,63	1,63	1,81
Удельный вес яиц, г/см ³	1,086	1,093	1,090	1,094	1,082
Масса яйца на конец опыта, г	59,5±0,7	60,3±0,6	59,9±0,08	60,1±0,5	58,7±0,5

9,27 % больше яиц соответственно, чем в контрольной группе. В IV опытной группе яйценоскость оказалась на 1,45 % ниже, чем в контрольной группе.

Аналогичная картина имела место при оценке полученной яичной массы. Что касается толщины скорлупы и наличия боя, также выгодно отличаются I, II и III опытные группы. Толщина скорлупы в них больше, а количество боя меньше по сравнению с контрольной группой. Расход корма на один килограмм яичной массы в I опытной группе составил 2,87 кг, во II и III опытных группах по 2,89 кг против 3,17 кг в контрольной группе. Аналогичная тенденция наблюдается и по расходу кормов на десять яиц. Что касается IV опытной группы – все изучаемые показатели хуже, чем в контрольной.

После проведенного анализа полученных результатов можем констатировать, что включение в рацион 5 % цеолитов от сухого вещества корма положительно влияет на обмен веществ в организме птицы, повышает усвояемость питательных веществ. Благодаря этому увеличивается продуктивность птицы: растет яйценоскость и улучшается товарное качество

полученной продукции, увеличивается толщина скорлупы и снижается процент боя. Полученные результаты в первых трёх опытных группах достоверно выше, чем результаты, полученные в контрольной и четвёртой опытной группах.

Из вышеизложенного сделаны выводы:

1) введение в рацион кур-несушек цеолитов в количестве 5 % от сухого вещества положительно влияет на обмен веществ и продуктивные показатели птицы.

2) при сравнительном анализе степени влияния цеолитов разного месторождения (Вангинское, Иннокентьевское и Хонгуриновское) на обмен веществ, продуктивность и качество полученной продукции достоверных различий не обнаружено.

Заключение. В условиях птицефабрик Амурской области с одинаковым успехом можно использовать цеолиты Вангинского, Иннокентьевского и Хонгуриновского месторождения в количестве пяти процентов от сухого вещества рациона, что позволит увеличить яйценоскость на 9–10 %.

Список источников

1. Гаврилов Ю. А. Использование уникальных свойств природных цеолитов в животноводстве и ветеринарии // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Дальнего Востока : сб. науч. тр. Российской академии сельскохозяйственных наук. Владивосток : Дальнаука, 2005. С. 306–311.
2. Гамидов М. Г., Трухина Т. И. Разработка оптимальных доз цеолитов Вангинского месторождения для бройлеров // Ветеринарное благополучие птицеводства Дальнего Востока : сб. науч. тр. Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2002. С. 38–43.
3. Морозов В. С. Птицеводство Дальнего Востока. Хабаровск : Приамурское географическое общество, 2005. 304 с.
4. Морозов В.С. Пути повышения сбалансированности рационов для птицы. Новосибирск : Сибирское отделение Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени Ленина, 1990.
5. Нетрадиционные корма и кормовые добавки для птицы / А. Б. Мальцев [и др.]. Омск : Омская областная типография, 2005. 704 с.
6. Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы / Ш. А. Имангулов [и др.]. Сергиев Посад : Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, 2009. 144 с.
7. Трухина Т. И. Цеолиты – эффективные сырьевые ресурсы // Птицеводство. 2007. № 9. С. 32.
8. Улучшение яичной продуктивности кур-несушек с включением в рацион местных нетрадиционных кормовых добавок в условиях Якутии / В. В. Панкратов [и др.] // Главный зоотехник. 2016. № 4. С. 38–42.

9. Черноградская Н. М., Григорьев М. Ф., Григорьева А. И. Цеолит месторождения Хонгуруу в рационе молодняка гусей // Птицеводство. 2018. № 3. С. 18–21.

10. Influence of zeolite honguruu on growth and development, digestibility and metabolism of geese / N. M. Chernogradskaya [et al.] // Аграрный вестник Урала. 2020. № 5 (196). С. 80–85.

References

1. Gavrilov Yu. A. Ispol'zovanie unikal'nyh svojstv prirodnyh tseolitov v zhivotnovodstve i veterinarii [Using the unique properties of natural zeolites in animal husbandry and veterinary medicine]. Proceeding from *Agrarnaya nauka – sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu Dal'nego Vostoka – Agrarian Science – agricultural production of the Far East*. (PP. 306–311), Vladivostok, Dal'nauka, 2005 (in Russ.).

2. Gamidov M. G., Truhina T. I. Razrabotka optimal'nyh doz tseolitov Vanginskogo mestorozhdeniya dlya brojlerov [Development of optimal doses of zeolites from the Vanginskoe Deposit for broilers]. Proceeding from *Veterinarnoe blagopoluchie ptitsevodstva Dal'nego Vostoka – Veterinary welfare of poultry farming in the Far East*. (PP. 38–43), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2002 (in Russ.).

3. Morozov V. S. *Ptitsevodstvo Dal'nego Vostoka [Poultry farming of the Far East]*, Khabarovsk, Priamurskoe geograficheskoe obshchestvo, 2005, 304 p. (in Russ.).

4. Morozov, V. S. *Puti povysheniya sbalansirovannosti ratsionov dlya ptitsy [Ways to Improve Poultry Diet Balance]*, Novosibirsk, Sibirskoe otdelenie Vsesoyuznoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk imeni Lenina, 1990. (in Russ.).

5. Mal'tsev A. B., Mal'tseva N. A., Spiridonov I. P., Davidov V. M. *Netraditsionnye korma i kormovye dobavki dlya ptitsy [Unconventional feed and feed additives for poultry]*, Omsk, Omskaya oblastnaya tipografiya, 2005, 704 p. (in Russ.).

6. Imangulov Sh. A., Egorov I. A., Okolelova T. M. [et al.]. *Rekomendatsii po kormleniyu sel'skohozyajstvennoj ptitsy [Poultry feeding recommendations]*, Sergiev Posad, Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij i tekhnologicheskij institut pticevodstva, 2009, 144 p. (in Russ.).

7. Truhina T. I. Tseolity – effektivnye syr'evye resursy [Zeolites are efficient raw materials]. *Ptitsevodstvo. – Poultry farmikng*, 2007; 9: 32 (in Russ.).

8. Pankratov V. V., Chernogradskaya N. M., Uvarovskaya E. E., Grigor'ev M. F. Uluchshenie yaichnoj produktivnosti kur-nesushek s vklyucheniem v ratsion mestnyh netraditsionnyh kormovyh dobavok v usloviyah Yakutii [Improving of the egg productivity of laying hens with the inclusion of local unconventional feed additives in the diet in Yakutia]. *Glavnyj zootekhnik. – Chief Animal Technician*, 2016; 4: 38–42 (in Russ.).

9. Chernogradskaya N. M., Grigor'ev M. F., Grigor'eva A. I. Tseolit mestorozhdeniya Honguruu v ratsione molodnyaka gusej [Zeolite of the Honguruu deposit in the diet of young geese]. *Ptitsevodstvo. – Poultry farming*, 2018; 3: 18–21 (in Russ.).

10. Chernogradskaya N. M., Sharvadze R. L., Grigoriev M. F., Grigorieva A. I. Influence of zeolite honguruu on growth and development, digestibility and metabolism of geese. *Agrarnyj vestnik Urala. – Agrarnyi vestnik Urala*, 2020; 5 (196): 80–85 (in Russ.).

© Шарвадзе Р. Л., Бабухадия К. Р., Пензин А. А., Чэнь Юэцзюэ, 2021

Статья поступила в редакцию 25.09.2021; одобрена после рецензирования 20.10.2021; принята к публикации 25.11.2021.

The article was submitted 25.09.2021; approved after reviewing 20.10.2021; accepted for publication 25.11.2021.

Информация об авторах

Шарвадзе Роини Леванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, декан факультета ветеринарной медицины и зоотехнии, Дальневосточный государственный аграрный университет, fvmz@dalgau.ru;

Бабухадия Кетеван Рубеновна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры технологии переработки сельскохозяйственной продукции, Дальневосточный государственный аграрный университет, kbabukhadiya@mail.ru;

Пензин Андрей Андреевич, аспирант, Дальневосточный государственный аграрный университет, penzin9898@mail.ru;

Чэнь Юэцзюэ, магистрант, Дальневосточный государственный аграрный университет, 873361527@qq.com

Information about authors

Roini L. Sharvadze, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics, Far Eastern State Agrarian University, fvmz@dalgau.ru;

Ketevan R. Babukhadiya, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of Department technology of processing of agricultural products, Far Eastern State Agrarian University, kbabukhadiya@mail.ru;

Andrej A. Penzin, Postgraduate Student, Far Eastern State Agrarian University, penzin9898@mail.ru;

Chen Yuetszyue, Student, Far Eastern State Agrarian University, 873361527@qq.com

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

PROCESSES AND MACHINERY OF AGRO-ENGINEERING SYSTEMS

УДК 631.1i71:636.08

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-165-172

**Результаты исследований по получению
кормового продукта для молодняка сельскохозяйственных животных****Дмитрий Александрович Колесников¹, Сергей Николаевич Воякин²,
Сергей Васильевич Щитов³, Евгений Евгеньевич Кузнецов⁴,**^{1,2,3,4} Дальневосточный государственный аграрный университет,
Амурская область, Благовещенск, Россия¹ kda1977savitinsk@mail.ru, ² vsnl77@yandex.ru, ³ shitov.sv1955@mail.ru,⁴ ji.tor@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований, которые посвящены повышению эффективности кормления молодняка сельскохозяйственных животных при мелкотоварном производстве с использованием местного сырья требуемого качества. Полноценное кормление является одним из основных путей повышения продуктивности сельскохозяйственных животных, увеличения продукции и снижения ее себестоимости. Этого можно добиться лишь путём применения сбалансированных по питательным веществам рационов, содержащих высокобелковые, минеральные и витаминные компоненты. К таким компонентам относятся соя и её производные, которые содержат в себе большое количество белка, углеводов и микроэлементов, минеральные соли, небелковые азотистые соединения, витамины, гормоны, иммунные тела и органические кислоты, которые так необходимы для правильного кормления молодняка. Для условий Амурской области этот вопрос особенно актуален по ряду причин: большой объём производства сои (до 40 процентов от общего объёма производства в России), отдалённость от основных производителей корма для молодняка сельскохозяйственных животных, что резко повышает затраты на процесс кормления. Другим немаловажным обстоятельством использования производных сои («соевого молока») в кормлении молодняка сельскохозяйственных животных является зоотехническая и экономическая целесообразность. Поэтому решение вышеобозначенных проблем найдено за счёт создания инновационной технологической линии и технических средств для эффективного извлечения белковых и других питательных веществ из семян сои с целью получения так называемого «соевого молока» и его использования в качестве заменителя цельного молока для полнорационного кормления животных.

Ключевые слова: соя, «соевое молоко», кормление, молодняк сельскохозяйственных животных, процесс приготовления

Для цитирования: Колесников Д. А., Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Результаты исследований по получению кормового продукта для молодняка сельскохозяйственных животных // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 165–172. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-165-172.

Results of research on obtaining fodder product for young farm animals**Dmitriy A. Kolesnikov¹, Sergey N. Voyakin²,
Sergey V. Shchitov³, Evgeniy E. Kuznetsov⁴**^{1,2,3,4} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia¹ kda1977savitinsk@mail.ru, ² vsnl77@yandex.ru, ³ shitov.sv1955@mail.ru,⁴ ji.tor@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies that are devoted to efficiency increasing of young farm animals feeding in small-scale production using local raw materials of the required quality. Complete feeding is one of the main ways to increase the productivity of farm animals, to enhance production and reduce production cost. This can only be achieved through the use of nu-

trititionally balanced diets containing high protein, mineral and vitamin components. Such components include soy and its derivatives, which contain a large amount of protein, carbohydrates and trace elements, mineral salts, non-protein nitrogenous compounds, vitamins, hormones, immune bodies and organic acids, which are so necessary for proper feeding of young farm animals. For the conditions of the Amur Region, this issue is especially relevant for a number of reasons: a large volume of soybean production (up to 40 percent of the total volume of its production in Russia), remoteness from the main producers of feed for young livestock, which sharply increases costs on the feeding process. Another important circumstance for the use of soybean derivatives ("soy milk") in young farm animals feeding is zootechnical and economic feasibility. Therefore, a solution to the above problems has been found through the creation of innovative technological line and technical means for the effective extraction of protein and other nutrients from soybean seeds in order to obtain the so-called "soy milk" and its use as a substitute for whole milk for complete feeding of animals.

Keywords: soybeans, «soy milk», feeding, young farm animals, cooking process

For citation: Kolesnikov D. A., Voyakin S. N., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Results of research on obtaining fodder product for young farm animals. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik* = *Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 165–172. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-165-172.

Введение. При интенсивном росте молодняка сельскохозяйственных животных, во время его откорма огромное внимание необходимо уделять качеству кормов [1]. На сегодняшний день такими продуктами кормления могут быть обезжиренное молоко и молочная сыворотка, а также пахта, которые составляют ценное вторичное сырьё для производства различных продуктов питания и кормов [3, 4]. При этом сыворотку получают при производстве сыра, творога и казеина, пахту – при получении масла, а обезжиренное молоко – при переработке молока в сливки.

Известно, что наиболее ценными компонентами вторичного молочного сырья являются липиды, углеводы и белки, а также минеральные соли, небелковые азотистые соединения, витамины, гормоны, иммунные тела и органические кислоты. Поэтому поиск новых способов альтернативной замены приведенных выше продуктов кормления является актуальной задачей.

Одним из таких продуктов кормления является так называемое «соевое молоко», которое представляет собой водно-белково-липидную дисперсную систему, концентрация питательных веществ которой зависит от исходного значения гидромодуля (соотношения воды и семян сои, при измельчении последних в водной среде), степени измельчения и продолжительности экстракционного процесса при таком способе извлечения

питательных веществ в экстрагент (воду), имеющего соответствующую температуру [2, 6].

Цель работы состоит в обосновании способа и параметров устройства для приготовления кормовых продуктов, используемых для кормления молодняка сельскохозяйственных животных.

Условия и методы исследования. В ходе проведения исследований использовались методы аналитического и эмпирического анализа, а также физического и математического моделирования на основе планирования многофакторного эксперимента, а также методы теории вероятностей и математической статистики. Применение данных методов позволило всесторонне и объективно раскрыть искомые зависимости и достоверно установить взаимосвязи, характеризующие процессы извлечения питательных веществ из сырьевых композиций с использованием семян сои.

На принятой основе обоснованы рациональные значения параметров многофункционального устройства для получения альтернативного продукта питания молодняка сельскохозяйственных животных с использованием местного сырья.

Обработка полученных данных выполнялась методами статистического анализа на персональном компьютере с применением программ *KPS* и *Statistika-7*.

Результаты исследований. Как показал анализ технолого-технической системы приготовления продуктов на основе

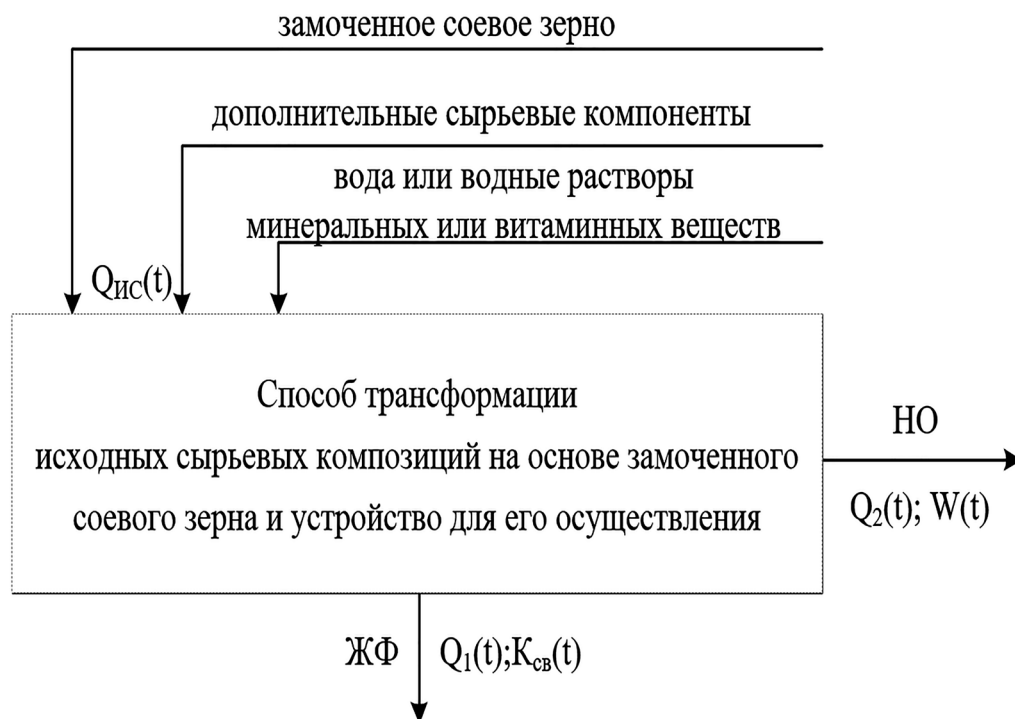


Рисунок 1 – Функциональная схема процесса получения продукта питания молодняка сельскохозяйственных животных на основе сырьевых композиций с использованием замоченного зерна сои

соевых композиций, эта система является сложной и иерархической, трансформирующей исходные сырьевые композиции на два составляющих вида: жидкую фракцию (ЖФ) и нерастворимый остаток (НО) [5]. Таким образом, она представляет собой материальную потоковую систему разветвляющегося типа и трансформирующуюся в пространстве и времени.

Выполненный анализ всех технологических операций, которые входят в линию по приготовлению продуктов на основе соевых композиций, дал возможность разработать функциональную схему получения аналога молока, используемому в кормлении молодняка сельскохозяйственных животных, и концентрата (рис. 1).

При этом установлено, что данная потоковая система разветвляющегося типа характеризуется её пропускной способностью:

- 1) исходного потока – $Q_{ис}(t)$;
- 2) потока жидкой фракции – $Q_1(t)$;
- 3) потока нерастворимого остатка – $Q_2(t)$.

При этом, исходный (входной) поток характеризуется плотностью подаваемой массы исходного сырья в виде композиции, обозначаемой $\rho(t)$, пористостью и влажностью – соответственно $\xi(t)$ и $W(t)$ и т. д.

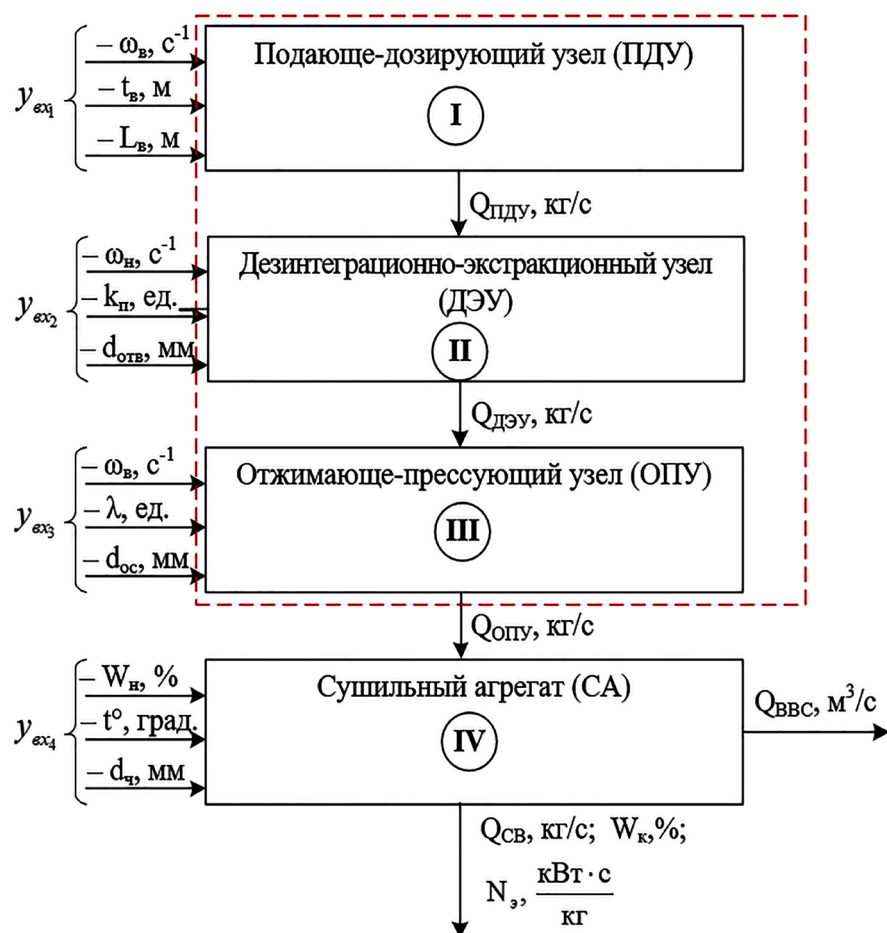
Проведённые исследования позволили разработать структурно-функциональную схему устройства (рис. 2), предназначенного для реализации предложенного способа и представленного на рисунке 1.

Данное устройство представляет собой трёхузловую систему в виде совокупности последовательно связанных узлов:

1. Подающе-дозировочного (ПДУ).
2. Дезинтегрирующе-экстракционного (ДЭУ).
3. Отжимающе-прессующего (ОПУ).

В качестве дополнительного звена рассматриваемой потоковой системы может выступать сушильный агрегат (СА).

Как известно, одним из основных критериев технико-экономической оценки технологических и технических решений инновационного характера, является энергоёмкость (N_j). Данный критерий в



ω_v – угловая скорость винта, c^{-1} ; t_v – шаг винта, м; L_v – длина винта, м;
 k_n – коэффициент «живого сечения» фильтрующего конического корпуса, ед.;
 $d_{отв}$ – диаметр отверстия решетки решеточно-ножевого аппарата, мм;
 λ – степень измельчения, ед.; $d_{ос}$ – диаметр отверстия сопла, мм;
 W_n – начальная влажность нерастворимого остатка, %; t° – температура сушки, $^\circ C$;
 d_χ – характерный размер частиц нерастворимого остатка, мм

Рисунок 2 – Структурно-функциональная схема устройства для реализации предложенного способа получения продукта питания молодняка сельскохозяйственных животных на основе сырьевых композиций замоченного зерна сои

общем виде представляет отношение затрачиваемой мощности на реализацию процесса к производительности технологической линии или устройства, осуществляющего этот процесс, что выражается формулой (1):

$$N_\varepsilon = \frac{N_\Pi}{Q} \quad (1)$$

где N_n – мощность, затрачиваемая на реализацию процесса, кВт·ч;

Q – производительность технологической линии или устройства, осуществляющего процесс, кг.

На основании проведенных теоретических исследований для предлагаемой на рисунке 2 схемы, имеем зависимости (2) и (3):

$$N_{\varepsilon_{жф}} = \frac{N_{зцм}}{Q_{жф} \cdot C}, \quad (2)$$

$$N_{\varepsilon_{но}} = \frac{N_{но}}{Q_{но} \cdot (1 - W)} \quad (3)$$

где $N_{\varepsilon_{жф}}$ – энергоёмкость по жидкой фракции, кВт·ч/кг;

$N_{\varepsilon_{но}}$ – энергоёмкость по нерастворимому остатку, кВт·ч/кг;

$N_{зцм}$ – затраты энергии на получение заменителя цельного молока, кВт;

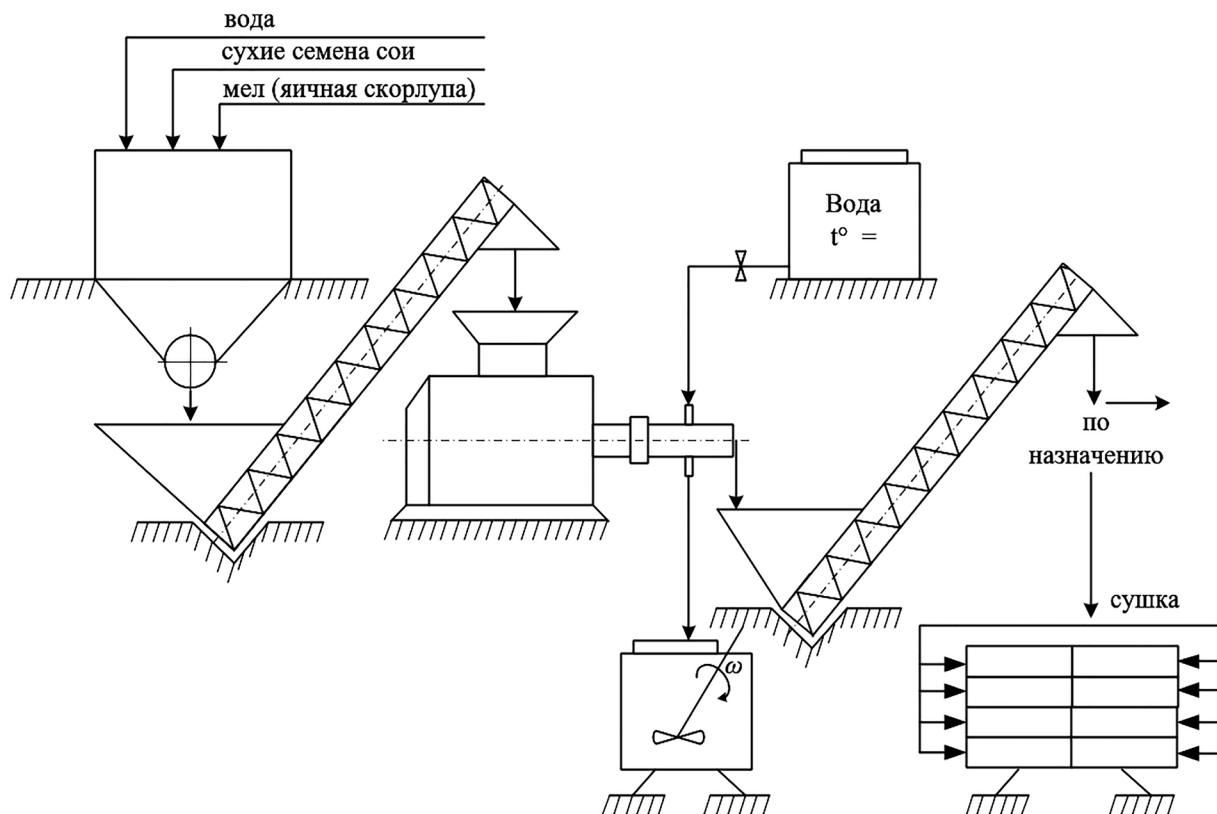


Рисунок 3 – Конструктивно-технологическая схема линии по производству заменителя цельного молока и комбикорма

$Q_{жф}$ – производительность по жидкой фракции, кг/ч;

C – количество питательных веществ, %;

$N_{НО}$ – затраты энергии на получение комбикорма в виде нерастворимого остатка, кВт;

$Q_{НО}$ – производительность по нерастворимому остатку, кг/ч;

W – влажность, %.

Для получения предлагаемого корма было изготовлено устройство, конструктивно-технологическая схема которого представлена на рисунке 3.

В результате проведенных исследований были определены области экс-

тремальных значений факторов α_1 , α_2 и α_3 предлагаемого устройства для соответственно: угловой скорости вращения винта, длины винта и шага винта, при которых энергоёмкость (γ_7) стремится к экстремальному (минимальному) значению. Эти данные отображены в таблице 1.

По значениям таблицы получены зависимости в виде поверхностей и их сечений (рис. 4-6).

Заключение. В результате проведенных исследований были предложены схемы получения кормового продукта для кормления молодняка сельскохозяйственных животных, и определена оптимальная энергоёмкость данного процесса, равная 24,0 кВт·с/кг.

Таблица 1 – Области оптимальных значений

Критерий	$\alpha_1/\omega_b, c^{-1}$	$\alpha_2/K_{ж.с}, ед.$	$\alpha_3/l_k, м$	$\gamma_7, кВт \cdot с/кг$
$\gamma_7 \rightarrow min$	0,0/17,0	0,06/0,5	0,39/0,11	24,0

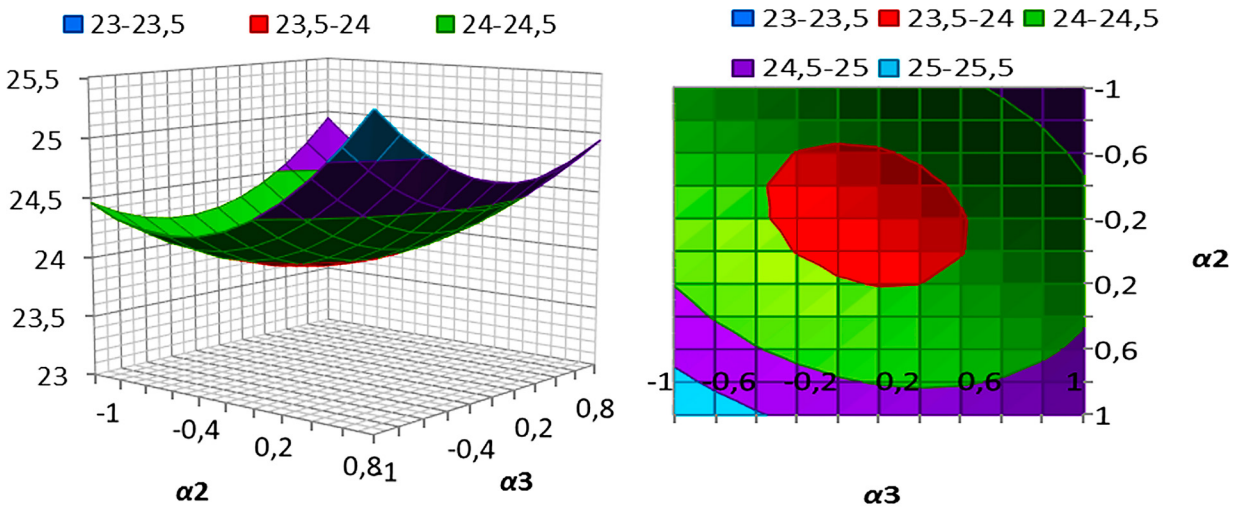


Рисунок 4 – Функциональная зависимость в виде поверхности отклика: $\gamma_7 = f(\alpha_1 = 0; \alpha_2; \alpha_3) \rightarrow \min$ и ее сечения

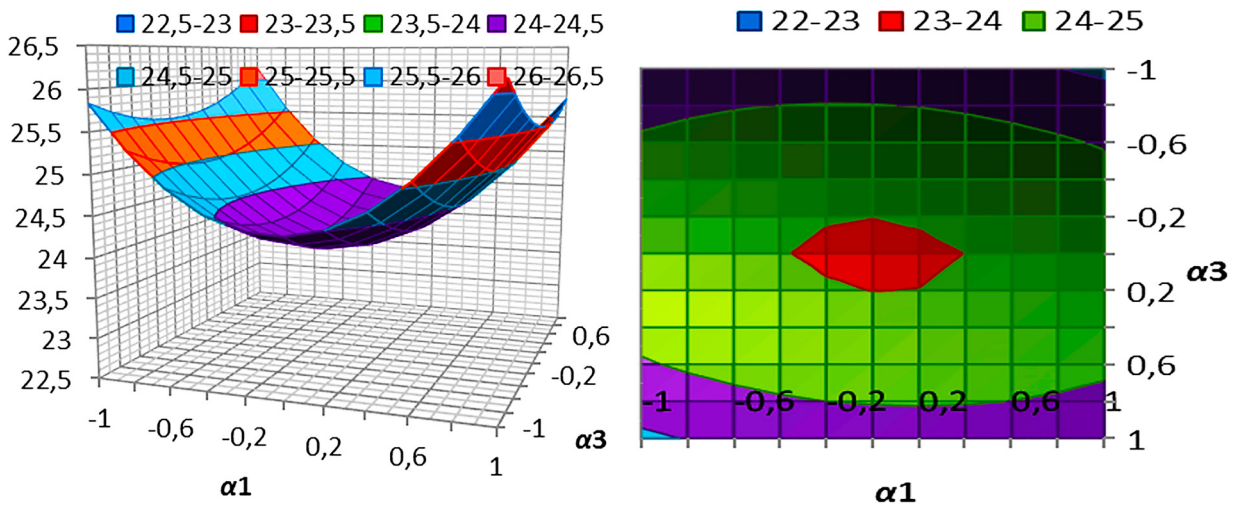


Рисунок 5 – Функциональная зависимость в виде поверхности отклика: $\gamma_7 = f(\alpha; \alpha_2 = 0,06; \alpha_3) \rightarrow \min$ и ее сечения

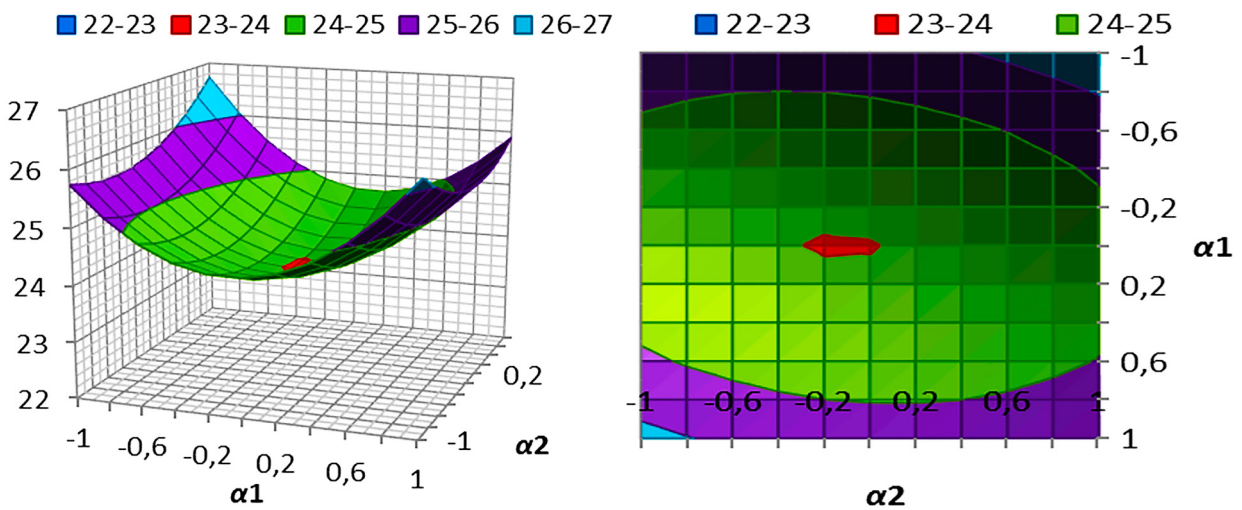


Рисунок 6 – Функциональная зависимость в виде поверхности отклика: $\gamma_7 = f(\alpha; \alpha_2; \alpha_3 = 0,39) \rightarrow \min$ и ее сечения

Список источников

1. Баскакова Н. Растут как на дрожжах! Заменители цельного молока ДенСтарт®, ДенРост® и ДенФиниш® обеспечивают оптимальное питание и рост телят // Животноводство России. 2016. № 7. С. 45.
2. Борсук А. А., Иванов С. А. Рекомендации по производству и использованию соевого заменителя молока. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2011. 14 с.
3. Новая технология производства заменителей цельного молока / И. И. Горячев, С. Н. Пилук, В. И. Передня [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. 2008. № 8. С. 45–47.
4. Подобед Л. И. Заменители молока с соей // Зоотехния. 1990. № 5. С. 49–51.
5. Технология и оборудование для приготовления и использования кормового соевого молока. Рекомендации / В. И. Комлацкий, Л. Ф. Величко, Н. И. Куликова [и др.]. Краснодар, 2001.
6. Kwok K., Niranjana K. Review: Effect of thermal processing on soymilk // International Journal of Food Science and Technology, 2007. Vol. 3 (30). P. 263–295.

References

1. Baskakova N. Rastut kak na drozhzhah! Zameniteli tsel'nogo moloka DenStart®, DenRost® i DenFinish® obespechivayut optimal'noe pitanie i rost teliat [They grow by leaps and bounds! DenStart®, DenRost® and DenFinish® whole milk replacers ensure optimal nutrition and growth of calves]. *Zhivotnovodstvo Rossii. – Animal husbandry of Russia*, 2016; 7: 45 (in Russ.).
2. Borsuk A. A., Ivanov S. A. *Rekomendatsii po proizvodstvu i ispol'zovaniyu soevogo zamenitel'ia moloka [Recommendations for the production and use of soy milk replacer]*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universite, 2011, 14 p. (in Russ.).
3. Goriachev I. I., Pilyuk S. N., Perednia V. I., Timoshuk A. L., Tarasevich A. M., Khrutskiy V. I. Novaia tekhnologiya proizvodstva zameniteley tsel'nogo moloka [New technology for the production of whole milk substitutes]. *Belorusskoe sel'skoe hoziaystvo. – Belarusian agriculture*, 2008; 8: 45–47 (in Russ.).
4. Podobed L. I. Zameniteli moloka s soey [Soy milk substitutes]. *Zootekhniiia. – Zootechny*, 1990; 5: 49–51 (in Russ.).
5. Komlatskiy V. I., Velichko L. F., Kulikova N. I., Smolkin R. V. [et al.]. *Tekhnologiya i oborudovanie dlia prigotovleniia i ispol'zovaniia kormovogo soevogo moloka. Rekomendatsii [Technology and equipment for the preparation and use of feed soy milk. Recommendations]*, Krasnodar, 2001. (in Russ.).
6. Kwok K., Niranjana K. Review: Effect of thermal processing on soymilk. *International Journal of Food Science and Technology*, 2007; 3 (30): 263–295.

© Колесников Д. А., Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., 2021

Статья поступила в редакцию 28.09.2021; одобрена после рецензирования 15.10.2021; принята к публикации 06.12.2021.

The article was submitted 28.09.2021; approved after reviewing 15.10.2021; accepted for publication 06.12.2021.

Информация об авторах

Колесников Дмитрий Александрович, соискатель, Дальневосточный государственный аграрный университет, kda1977savitinsk@mail.ru;

Воякин Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент, декан электроэнергетического факультета, Дальневосточный государственный аграрный университет, vsnl77@yandex.ru;

Щитов Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный государственный аграрный университет, shitov.sv1955@mail.ru;

Кузнецов Евгений Евгеньевич, доктор технических наук, доцент кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный государственный аграрный университет, ji.tor@mail.ru;

Information about the authors

Dmitriy A. Kolesnikov, Degree Seeking Student, Far Eastern State Agrarian University, kda1977savitinsk@mail.ru;

Sergey N. Voyakin, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Electrical Power Faculty, Far Eastern State Agrarian University, vsnl77@yandex.ru;

Sergey V. Shchitov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Energy facilities and Mechanization of the Agro-industrial complex, Far Eastern State Agrarian University, shitov.sv1955@mail.ru;

Eygeniy E. Kuznetsov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Energy facilities and Mechanization of the Agro-industrial complex, Far Eastern State Agrarian University, ji.tor@mail.ru

УДК 631.372:629.114.2

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-173-181

Повышение эффективности разгрузочных работ транспортных средств в условиях низких температур окружающей среды

Александр Викторович Кучер¹, Зоя Фёдоровна Кривуца²,
Сергей Васильевич Щитов³, Евгений Евгеньевич Кузнецов⁴,
Наталья Фёдоровна Двойнова⁵

^{1, 2, 3, 4} Дальневосточный государственный аграрный университет,
Амурская область, Благовещенск, Россия

⁵ Сахалинский государственный университет, Сахалинская область,
г. Южно-Сахалинск, Россия

¹ alexkucher1987@mail.ru, ² zfk20091@rambler.ru, ³ shitov.sv1955@mail.ru,

⁴ ji.tor@mail.ru, ⁵ dnfsach@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены теоретические и экспериментальные исследования по повышению эффективности выполнения разгрузочных работ автомобилями семейства КамАЗ в условиях низких температур окружающей среды Амурской области. Приоритетным направлением повышения эффективности использования грузовых автомобилей при выполнении транспортных работ в условиях низких температур окружающей среды является снижение энергетических затрат на единицу полученной сельскохозяйственной продукции. Производственный опыт показывает, что в зимний период необходимо учитывать суровые природно-климатические условия Амурской области, которые оказывают негативное влияние на надежность и экономичность транспортных услуг. Поставленная задача реализуется за счет использования нагревательного устройства на основе термоэлектрического рекуперативного модуля, позволяющего в условиях ограниченности теплового ресурса повысить эффективность разгрузочных работ автомобиля КамАЗ-55111. Для обоснования использования нагревательного устройства на основе термоэлектрического рекуперативного модуля проанализировано влияние температуры окружающей среды на продолжительность разгрузочных работ транспортного средства. Применённый математический аппарат доказал, что снижение температуры окружающей среды оказывает существенное негативное влияние на работу гидравлической системы за счет увеличения вязкости рабочей жидкости. В связи с этим особый интерес представляет применение устройств, позволяющих увеличить температуру гидравлической жидкости транспортного средства в низкотемпературных условиях эксплуатации. Предлагаемое устройство позволяет вторично использовать теплоту выхлопных газов, удаляемых из двигателя автомобиля путем преобразования в электрическую энергию, с последующим аккумулированием тепловой энергии. Экспериментальным путем установлено, что использование разработанного устройства при температуре окружающего воздуха минус 35 °С уменьшает время подъема платформы кузова с массой груза десять тонн гидравлической системой автомобиля КамАЗ-55111 более чем на 31 %, что позволяет более результативно использовать затраченную энергию и тем самым повысить эффективность разгрузочных работ энергетического средства.

Ключевые слова: грузовой автомобиль, гидроцилиндр, подогрев, энергетические затраты, эффективность разгрузочных работ

Для цитирования: Кучер А. В., Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов, Е. Е., Двойнова Н. Ф. Повышение эффективности разгрузочных работ транспортных средств в условиях низких температур окружающей среды // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 173–181. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-173-181.

Efficiency improvement of vehicle unloading under conditions of low ambient temperatures

Aleksandr V. Kucher¹, Zoya F. Krivutsa², Sergey V. Shchitov³,
Evgeniy E. Kuznetsov⁴, Natalia F. Dvoynova⁵

^{1, 2, 3, 4} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

⁵ Sakhalin State University, Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

¹ alexkucher1987@mail.ru, ² zfk20091@rambler.ru, ³ shitov.sv1955@mail.ru,

⁴ ji.tor@mail.ru, ⁵ dnfsach@yandex.ru

Abstract. The article presents theoretical and experimental studies on efficiency improvement of unloading operations by KamAZ family cars under conditions of low ambient temperatures of the Amur Region. The priority direction of efficiency increasing of trucks using while transport operations at low ambient temperatures is to reduce energy losses per unit of received agricultural products. Production experience shows that in winter it is necessary to take into account the harsh natural and climatic conditions of the Amur Region, which have a negative impact on the reliability and efficiency of transport services. The objective is realized by using a heating device based on a thermoelectric recuperative module, which allows, in conditions of limited thermal resource, to increase the efficiency of unloading operations of the KamAZ-55111 vehicle. To substantiate the use of a heating device based on a thermoelectric recuperative module, the ambient temperature influence on the duration of vehicle unloading is analyzed. The applied mathematical apparatus proved that a decrease in the ambient temperature had a significant negative effect on the hydraulic system operation due to an increase in the working fluid viscosity. In this regard, of particular interest is the use of devices that make it possible to increase the hydraulic fluid temperature of a vehicle in low-temperature operating conditions. The proposed device makes it possible to reuse the heat of exhaust gases removed from the car engine by converting into electrical energy, followed by the accumulation of thermal energy. It was established that the use of the developed device at an ambient temperature of $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ reduces the lifting time of the body platform with a weight of 10 tons by the hydraulic system of the KamAZ-55111 vehicle by more than 31 %, which allows more efficient use of the spent energy and thereby increase the efficiency of energy means.

Keywords: truck, hydraulic cylinder, heating, energy losses, efficiency of unloading operations

For citation: Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Dvoynova N. F. Efficiency improvement of vehicle unloading under conditions of low ambient temperatures. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 173–181. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-173-181.

Введение. Одним из направлений повышения эффективности использования грузовых автомобилей при выполнении транспортных работ в условиях низких температур окружающей среды является снижение энергетических затрат на единицу полученной сельскохозяйственной продукции [2, 3, 13, 14]. Производственный опыт показывает, что в зимний период необходимо учитывать суровые природно-климатические условия Амурской области, которые оказывают негативное влияние на надежность и экономичность транспортных услуг при выработке транспортной продукции в сельском хозяйстве.

Наряду с этим следует учитывать, что доля потери тепла с выхлопными газами может превышать 40 %. Это обосновывает

важность исследований энергоэффективности применения транспорта, в частности автомобилей семейства КамАЗ [4, 9, 12].

При организации выполнения разгрузочных работ преимущества автомобиля КамАЗ-55111 реализуются на основе гидравлической системы, которая с помощью телескопического гидроцилиндра поднимает и опрокидывает платформу кузова. Однако, при эксплуатации этого автомобиля в низкотемпературных условиях и на длинных маршрутах подвоза или безгаражном хранении значительно увеличивается время разгрузки сельскохозяйственных грузов, за счет повышения вязкости гидравлической жидкости в системе опрокидывания кузова.

Целью данных исследований является обоснование использования нагревательного устройства на основе термоэлектрического рекуперативного модуля, позволяющего в условиях ограниченности теплового ресурса повысить эффективность разгрузочных работ автомобиля КамАЗ-55111.

Методика проведения исследований. Для реализации поставленной цели необходимо проанализировать влияние температуры окружающей среды на продолжительность разгрузочных работ транспортного средства.

Скорость перемещения поршня в гидроцилиндре зависит от количества жидкости, поступающей в единицу времени и определяется по формуле (1):

$$v = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d^2)} \quad (1)$$

где Q – объёмный расход жидкости, м³/с;
 D – диаметр поршня, м;
 d – диаметр штока, м.

В случае использования телескопического гидроцилиндра из n -поршней ско-

рость их перемещения оценивается выражением (2):

$$v_{1,2,\dots,n} = \frac{4Q}{\pi(D_{1,2,\dots,n}^2 - d_{1,2,\dots,n}^2)} \quad (2)$$

Количество жидкости, поступающей в гидроцилиндр можно рассчитать по формуле (3):

$$Q = \frac{dV}{dt} = \frac{S_n dl}{dt} = Sw \quad (3)$$

где V – объём жидкости, м³;
 t – время, с;
 l – расстояние, проходимое жидкостью, м;
 w – средняя скорость потока жидкости, м/с.

Для решения поставленной задачи целесообразно определить необходимое количество жидкости, поступающей в гидроцилиндр длиной l и диаметром D при ламинарном режиме течения (рис. 1).

При установившемся режиме течения жидкости для значения координаты у уравнения Бернулли [6] можно записать выражение (4):

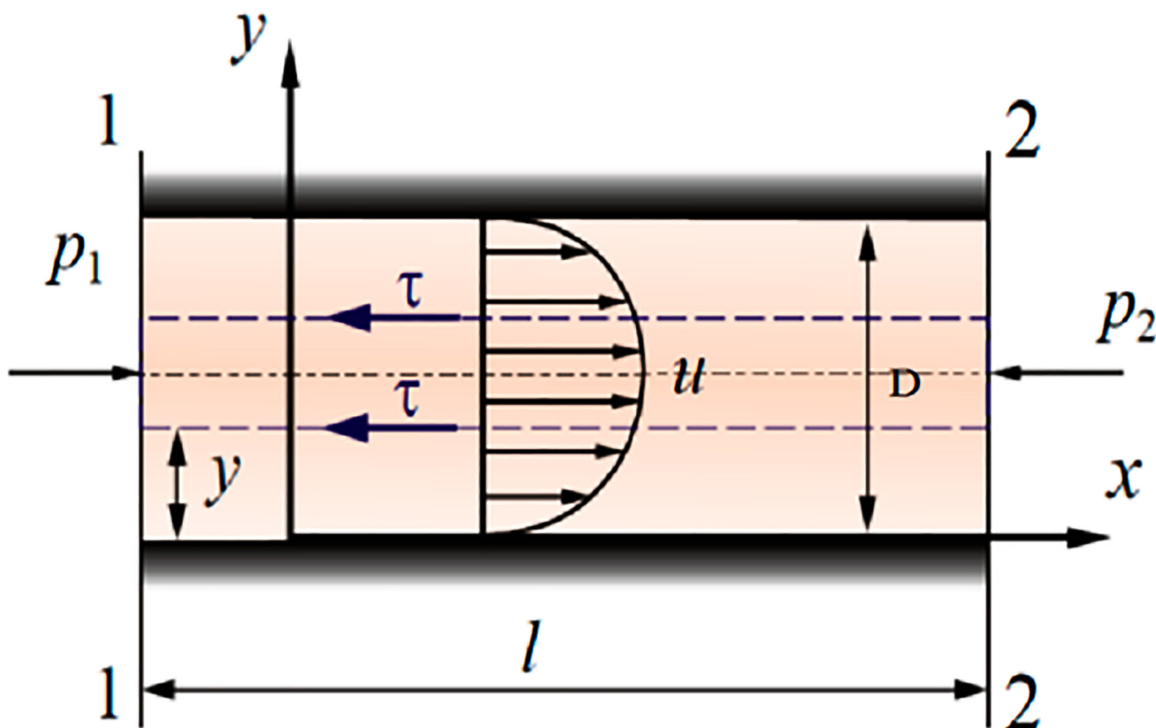


Рисунок 1 – Схема к определению расхода жидкости в ламинарном потоке

$$\pi(0,5D - y)^2(p_1 - p_2) = 2\tau\pi(0,5D - y)l \quad (4)$$

где p_1 – давление в сечении один, Па;
 p_2 – давление в сечении два, Па;
 τ – напряжение трения, Па.

При движении жидкости необходимо учесть силы трения, которые проявляются из-за вязкости при низких температурах и подчиняются закону Ньютона. Поэтому, одним из основных факторов, влияющих на скорость потока жидкости в заданном объёме, является вязкость, характеризующая степень текучести жидкости и подвижности её частиц.

Выразим напряжение трения из формулы (4), составив выражение (5):

$$\tau = \frac{(p_1 - p_2)(D - 2y)}{4l} \quad (5)$$

В соответствии с законом Ньютона напряжение трения пропорционально динамическому коэффициенту вязкости, что находит отражение в формуле (6):

$$\tau = \mu \text{grad} u = \mu \frac{du}{dy} \quad (6)$$

где μ – динамический коэффициент вязкости, Па·с;

u – скорость потока жидкости в поперечном направлении, м/с.

Определим скорость жидкости нормально к потоку, приравнявая правые части уравнений (5) и (6). В результате, получим выражение (7):

$$du = \frac{(p_1 - p_2)(D - 2y)}{4l\mu} dy \quad (7)$$

Проинтегрируем выражение (7). Результат интегрирования представлен в выражении (8):

$$u = \int_0^y du = \int_0^y \frac{(p_1 - p_2)(D - 2y)}{4l\mu} dy = \frac{(p_1 - p_2)D^2}{4l\mu} \left(\frac{y}{D} - \left(\frac{y}{D} \right)^2 \right) + C \quad (8)$$

Принимая скорость движения потока жидкости бесконечно малой величиной в корпусе гидроцилиндра, то есть при $y=0$, константу интегрирования можно приравнять к нулю $C=0$.

Таким образом, имеем выражение (9):

$$u = \frac{(p_1 - p_2)D^2}{4l\mu} \left(\frac{y}{D} - \left(\frac{y}{D} \right)^2 \right) \quad (9)$$

Согласно многочисленным экспериментальным исследованиям [2, 3, 12, 13, 14], динамическая вязкость синтетических масел повышается при уменьшении температуры окружающей среды и подчиняется эмпирическому закону (10): [4]

$$\mu = \mu_0 e^{-\beta(T - T_0)} \quad (10)$$

где μ и μ_0 – динамический коэффициент вязкости соответственно при температурах T и T_0 ;

β – коэффициент, значение которого для синтетических масел изменяется в пределах от 0,02 до 0,03.

Таким образом, учитывая изменения температуры синтетических масел, скорость движения потока жидкости в поперечном направлении можно определить выражением (11), путём подставления формулы (10) в формулу (9):

$$u = \frac{(p_1 - p_2)D^2}{4l\mu_0 e^{-\beta(T - T_0)}} \left(\frac{y}{D} - \left(\frac{y}{D} \right)^2 \right) \quad (11)$$

Оценим объёмный расход жидкости, поступающей в единицу времени с учётом выражения (11), составив выражение (12):

$$Q = \int_0^{0,5D} 2\pi(0,5D - y)u dy = \frac{(p_1 - p_2)D^4\pi}{4l\mu_0 e^{-\beta(T - T_0)}} \int_0^{0,5D} \left(0,5 - \frac{y}{D} \right) \left[\frac{y}{D} - \left(\frac{y}{D} \right)^2 \right] d \left(\frac{y}{D} \right) = \frac{(p_1 - p_2)D^4\pi}{4l\mu_0 e^{-\beta(T - T_0)}} \left(0,25 \left(\frac{y}{D} \right)^2 - 0,5 \left(\frac{y}{D} \right)^3 + 0,25 \left(\frac{y}{D} \right)^4 \right) \Big|_0^{0,5D} = \frac{(p_1 - p_2)D^4\pi}{128l\mu_0 e^{-\beta(T - T_0)}} \quad (12)$$

Таким образом, средняя скорость потока жидкости w в гидроцилиндре, в зависимости от изменения температуры окружающей среды, определится на основе подставления выражения (12) в выражение (3). Получим формулу (13):

$$w = \frac{Q}{S_{\pi}} = \frac{(p_1 - p_2)D^2}{32l\mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}} \quad (13)$$

Учитывая формулы (1) и (12), установим зависимость скорости движения штока, реализуемой в силовом гидроцилиндре, от температуры окружающей среды, составив выражение (14):

$$v(T) = \frac{(p_1 - p_2)D^4}{32l\mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}(D^2 - d^2)} \quad (14)$$

Следовательно, время подъема кузова транспортного средства зависит от температуры окружающей среды и описывается формулой (15):

$$t(T) = \frac{32l\mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}(D^2 - d^2)}{(p_1 - p_2)D^4} \quad (15)$$

Применённый математический аппарат позволяет сделать вывод, что снижение температуры окружающей среды оказывает существенное негативное влияние на работу гидравлической системы за счёт увеличения вязкости рабочей жидкости. В связи с этим особый интерес представляет применение устройств, позволяющих увеличить температуру гидравлической жидкости (масла индустриального 12А) транспортного средства в низкотемпературных условиях эксплуатации.

В целях подтверждения полученных зависимостей проведены экспериментальные исследования предлагаемого нагревательного устройства на основе термоэлектрического рекуперативного модуля, выполненного по патенту Российской Федерации № 197094 (рис. 2).

Предлагаемое устройство позволяет вторично использовать теплоту



Рисунок 2 – Автомобиль КамАЗ-55111 с установленным подогревающим устройством гидроцилиндра подъёма кузова

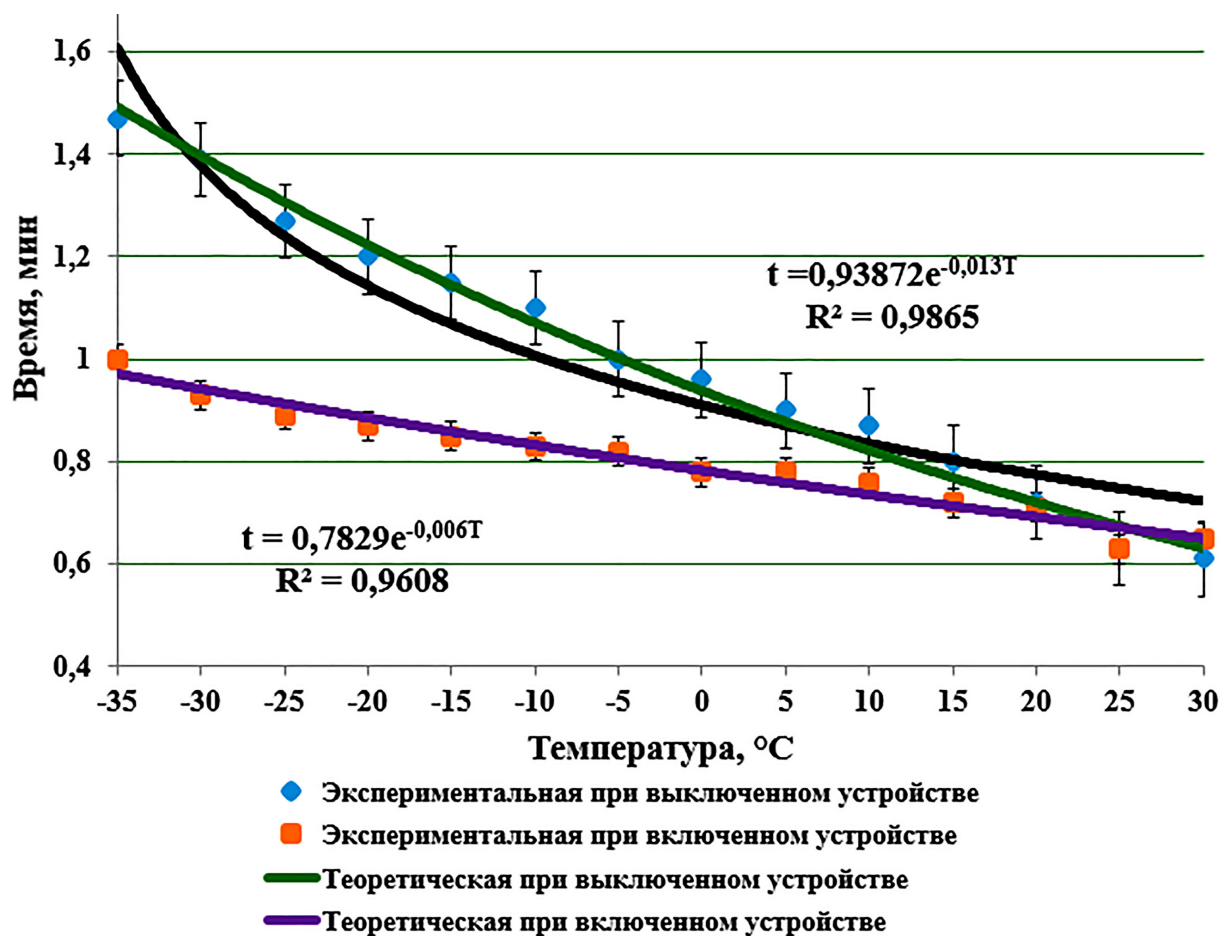


Рисунок 3 – Зависимость времени подъема кузова автомобиля КамАЗ-55111 от температуры окружающей среды (масса груза 10 тонн)

выхлопных газов, удаляемых из двигателя автомобиля путем преобразования в электрическую энергию, с последующим аккумулированием тепловой энергии [5, 6, 7, 8, 9, 11, 15].

Результаты теоретических и экспериментальных исследований сведены и представлены в виде графиков на рисунке 3.

Вывод. Проведенными экспериментальными исследованиями подтверждены теоретические расчеты и обоснована целесообразность использования нагре-

вательного устройства на основе термоэлектрического рекуперативного модуля при применении грузового автомобиля в низкотемпературный период. Установка предлагаемого устройства при температуре окружающего воздуха минус 35 °C уменьшает время подъема платформы кузова с массой груза 10 тонн и гидравлической системой автомобиля КамАЗ-55111 более чем на 31 %, что позволяет более результативно использовать затраченную энергию и тем самым повысить эффективность работы энергетических средств.

Список источников

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник / Т. М. Башта [и др.]. М. : Издательский дом «Альянс», 2010. 423 с.

2. Кривуца З. Ф. Исследование топливной экономичности автомобилей в транспортно-технологическом обеспечении предприятий АПК // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С.107–110.

3. Кривуца З. Ф., Щитов С. В. Влияние температуры окружающей среды на расход топлива грузовых автомобилей при различных скоростных режимах // Научное обозрение. 2013. № 11. С. 20–24.
4. Кривуца З. Ф., Щитов С. В. Исследование зависимости энергетических затрат транспортных средств от массы перевозимого груза // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 7. С. 74–78.
5. Повышение пусковых качеств источников энергии автомобиля при адаптации к условиям низкотемпературного использования в агропромышленном комплексе / А. В. Кучер [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 173–178.
6. Повышение эффективности использования грузовых автомобилей для вывоза сельскохозяйственной продукции в условиях низких температур / А. В. Кучер [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 167–172.
7. Повышение эффективности использования энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур при различных температурных режимах / А. В. Кучер [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 3 (59). С. 86–93.
8. Расчёт энергетической эффективности используемых в сельском хозяйстве транспортных средств, подготовленных к зимним условиям эксплуатации / А. В. Кучер [и др.] // АгроЭкоИнфо. 2021. № 3 (45).
9. Расширение функциональных возможностей колёсной энергетики / О. А. Кузнецова [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 1 (57). С. 87–98.
10. Термоэлектрический автомобильный подогревающий модуль : пат. № 197094 Рос. Федерация. № 2019142798 ; заявл. 17.12.2019 ; опубл. 30.03.2020, Бюл. № 10. 8 с.
11. Формирование прямых энергозатрат транспортного средства, адаптированного к региональным условиям низкотемпературной эксплуатации / А. В. Кучер [и др.] // Стратегии устойчивого развития мировой науки : материалы 75-й междунар. науч. конф. Евразийского Научного Объединения (Москва, май 2021 г.). М. : Евразийское Научное Объединение, 2021. С. 32–35.
12. Щитов С. В., Кривуца З. Ф. Влияние внешних факторов на топливную экономичность автомобиля при транспортно-технологическом обеспечении АПК // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 9. С. 111–117.
13. Щитов С. В., Кривуца З. Ф. Оптимизация работы транспортно-технологических средств // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 1. С. 21–23.
14. Щитов С. В., Кривуца З. Ф. Энергетическая оценка транспортно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственных культур // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. № 11. С. 180–185.
15. Increasing the efficiency of use of wheeled harrow units in regions of risk farming / A. E. Slepnev [et al.] // Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems : first International Scientific and Practical Conference (Nalchik, 24 May, 2021). Published online. URL: <https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/38/contents/contents.html>.

References

1. Bashta T. M., Rudnev S. S., Nekrasov B. B. [et al.]. *Gidravlika, gidromashiny i gidroprivody [Hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives]*, Moskva, Izdatel'skiy dom "Al'yans", 2010, 423 p. (in Russ.).
2. Krivutsa Z. F. Issledovanie toplivnoy ekonomichnosti avtomobiley v transportno-tekhnologicheskom obespechenii predpriyatiy APK [Investigation of the fuel efficiency of vehicles in the transport and technological support of agricultural enterprises]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2014; 3: 107–110 (in Russ.).

3. Krivutsa Z. F., Shchitov S. V. Vliyanie temperatury okruzhayushchey sredy na raskhod topliva gruzovykh avtomobiley pri razlichnykh skorostnykh rezhimakh [Influence of ambient temperature on fuel consumption of trucks at different speed mode]. *Nauchnoe obozrenie. – Scientific review*, 2013; 11: 20–24 (in Russ.).

4. Krivutsa Z. F., Shchitov S. V. Issledovanie zavisimosti energeticheskikh zatrat transportnykh sredstv ot massy perevozimogo gruzha [Study of the dependence of the energy consumption of vehicles on the mass of the transported cargo]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2015; 7: 74–78 (in Russ.).

5. Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V. [et al.]. Povyshenie puskovykh kachestv istochnikov energii avtomobilya pri adaptatsii k usloviyam nizkotemperaturnogo ispol'zovaniya v agropromyshlennom komplekse [Improving the starting qualities of vehicle energy sources while adapting to the conditions of low-temperature use in the agroindustrial complex]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, 2021; 4 (90): 173–178 (in Russ.).

6. Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Kuznetsov K. E. [et al.]. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya gruzovykh avtomobiley dlya vyvoza sel'skokhozyaystvennoy produktsii v usloviyakh nizkikh temperatur [Improving the efficiency of using trucks for the export of agricultural products in low temperatures]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, 2021; 4 (90): 167–172 (in Russ.).

7. Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Reshetnik E. I., Dvoynova N. F. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya energeticheskikh sredstv v tekhnologii vzdelyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur pri razlichnykh temperaturnykh rezhimakh [Efficiency improving of energy means use in agricultural crops cultivation technology at different temperature regimes]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Herald*, 2021; 3 (59): 86–93 (in Russ.).

8. Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Raschyot energeticheskoy effektivnosti ispol'zuemykh v sel'skom khozyaystve transportnykh sredstv, podgotovlennykh k zimnim usloviyam ekspluatatsii [Calculation of the energy efficiency of vehicles used in agriculture, prepared for winter operating conditions]. *AgroEkoInfo. – AgroEkoInfo*, 2021; 3 (45) (in Russ.).

9. Kuznetsova O. A., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Evdokimov V. G., Polikutina E. S. [et al.]. Rasshirenie funktsional'nykh vozmozhnostey kolyosnoy energetiki [Expansion of wheeled power functional capabilities]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Herald*, 2021; 1 (57): 87–98 (in Russ.).

10. Shchitov C. V. e. a. Termoelektricheskiy avtomobil'nyy podogrevayushchiy modul' [Thermoelectric Vehicle Heating Module] *Patent RF, no 197094 patenton.ru 2020* Retrieved from <https://patenton.ru/patent/RU2740589C1> (Accessed 30 March 2020) (in Russ.).

11. Kucher A. V., Kuznetsova O. V., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Krivutsa Z. F. Formirovanie pryamykh energozatrat transportnogo sredstva, adaptirovannogo k regional'nym usloviyam nizkotemperaturnoy ekspluatatsii [Formation of direct energy consumption of a vehicle adapted to regional conditions of low-temperature operation]. *Proceedings from Strategies for the sustainable development of world science: 75-ya Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya Evraziyskogo Nauchnogo Ob"edineniya (may 2021 g.) – 75th International Scientific Conference of the Eurasian Scientific Association*. (PP. 32–35), Moskva, Evrazijskoe Nauchnoe Ob"edinenie, 2021 (in Russ.).

12. Shchitov S. V., Krivutsa Z. F. Vliyanie vneshnikh faktorov na toplivnuyu ekonomichnost' avtomobilya pri transportno-tekhnologicheskom obespechenii APK [The influence of external factors on the fuel efficiency of a car in the transport and technological support of the agroindustrial complex]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2014; 9: 111–117 (in Russ.).

13. Shchitov S. V., Krivutsa Z. F. Optimizatsiya raboty transportno-tekhnologicheskikh sredstv [Optimization of the operation of transport and technological means]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve. – Machinery in agriculture*, 2012; 1: 21–23 (in Russ.).

14. Shchitov S. V., Krivutsa Z. F. Energeticheskaya otsenka transportno-tekhnologicheskogo obespecheniya proizvodstva sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Energy assessment of transport and technological support of agricultural crops production]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2011; 11: 180–185 (in Russ.).

15. Slepnev A. E., Polikutina E. S., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Krivutsa Z. F. Increasing the efficiency of use of wheeled harrow units in regions of risk farming // Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems: 1st International Scientific and Practical Conference, 2021. Published online. URL: <https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/38/contents/contents.html>.

© Кучер А. В., Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Двойнова Н. Ф., 2021

Статья поступила в редакцию 02.10.2021; одобрена после рецензирования 26.10.2021; принята к публикации 30.11.2021.

The article was submitted 02.10.2021; approved after reviewing 26.10.2021; accepted for publication 30.11.2021.

Информация об авторах

Кучер Александр Викторович, аспирант, Дальневосточный государственный аграрный университет, alexkucher1987@mail.ru;

Кривуца Зоя Федоровна, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой физики и информатики, Дальневосточный государственный аграрный университет, zfk20091@rambler.ru;

Щитов Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный государственный аграрный университет, shitov.sv1955@mail.ru;

Кузнецов Евгений Евгеньевич, доктор технических наук, доцент кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный государственный аграрный университет, ji.tor@mail.ru;

Двойнова Наталья Федоровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Сахалинский государственный университет, dnfsach@yandex.ru

Information about authors

Aleksandr V. Kucher, Postgraduate Student, Far Eastern State Agrarian University, alexkucher1987@mail.ru;

Zoya F. Krivutsa, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Physics and Computer Science, Far Eastern State Agrarian University, zfk20091@rambler.ru;

Sergey V. Shchitov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Energy facilities and Mechanization of the Agro-industrial complex, Far Eastern State Agrarian University, shitov.sv1955@mail.ru;

Evgeny E. Kuznetsov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Energy facilities and Mechanization of the Agro-industrial complex, Far Eastern State Agrarian University, ji.tor@mail.ru;

Natalia F. Dvoynova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety, Sakhalin State University, dnfsach@yandex.ru

УДК 519.87:620.95+631.862

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-182-190

Математическая зависимость процесса когенерации биогаза в электрическую энергию при психрофильном режиме

Ирина Аркадьевна Савватеева¹, Варвара Петровна Друзьянова²

^{1,2}Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова,
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

²Октемский филиал Арктического государственного агротехнологического университета,
Республика Саха (Якутия), с. Октемцы, Россия

¹karinushka_nv25@mail.ru, ²druzvar@mai.ru

Аннотация. В Республике Саха (Якутия) по состоянию на 1 января 2021 г. находится 297 труднодоступных населённых пунктов с численностью населения 542,5 тыс. чел. Все необходимые элементы жизнеобеспечения доставляются лишь в холодные месяцы, когда открывается зимняя дорога. Но даже в этот сезон транспортировка осуществляется в недостаточном объёме, особенно следует отметить недостаток моторного топлива. Частично эту проблему можно решить, внедрив биогазовую технологию. Производство и использование биогаза может стать существенным вкладом в дело повсеместной организации мелких летних ферм. Оно позволит увеличить объёмы удоев молока, а также даст возможность создать новые рабочие места в сельской местности (логистика, инженерные услуги, строительство зданий и сооружений). Проведённые теоретические исследования позволили наметить пути решения изложенной отраслевой задачи путем разработки новых технологических решений, позволяющих освоить децентрализованные угодья. Существующие в данное время зарубежные и российские биогазовые технологии исключают возможность их применения в природно-климатических условиях ведения производства в аграрном секторе Якутии, так как они рассчитаны для крупных животноводческих хозяйств, имеют значительную цену и работают в мезофильном режиме, то есть требуют подключения к центральной электрической сети. Главным критерием использования биогаза как топлива является возможность создания энергонезависимого автономного производства. Биогаз используют как альтернативное топливо в системах отопления помещений, как моторное топливо в двигателях внутреннего сгорания. Его преобразуют в электроэнергию и применяют в приготовлении пищи. Якутскими учеными, ввиду холодного климата региона, исследован и апробирован анаэробный процесс в психрофильном режиме работы установок. При этом впервые разработаны динамическая и математическая модели анаэробного процесса при психрофильном режиме работы биогазовых установок.

Ключевые слова: анаэробный процесс, биогазовые технологии, биогаз, когенерация, психрофильный режим, летние фермы, автономное электричество, независимое автономное производство, биоэнергетические установки

Для цитирования: Савватеева И. А., Друзьянова В. П. Математическая зависимость процесса когенерации биогаза в электрическую энергию при психрофильном режиме // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 182–190. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-182-190.

Mathematical dependence of cogeneration process of biogas into electrical energy in psychrophilic regime

Irina A. Savvateeva¹, Varvara P. Druzianova²

^{1,2}North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov,
Sakha Republic (Yakutia), Yakutsk, Russia

²Oktemsky Branch of the Arctic State Agrotechnological University,
Sakha Republic (Yakutia), Oktemtsy, Russia

¹karinushka_nv25@mail.ru, ²druzvar@mai.ru

Abstract. In the Republic of Sakha (Yakutia), as of January 1, 2021, there are 297 hard-to-reach settlements with a population of 542.5 thousand people. All the necessary life support elements are delivered only in the cold months, when the winter road opens. But even in this season, transportation is carried out in insufficient volume, especially the lack of motor fuel should be noted. Part of this problem can be solved by introducing biogas technology. The production and use of biogas can become a significant contribution to the widespread organization of small summer farms. It will increase the volume of milk yields, as well as provide an opportunity to create new jobs in rural areas (logistics, engineering services, construction of buildings and structures). The theoretical studies carried out made it possible to outline ways to solve the stated industry problem by developing new technological solutions that allow the development of decentralized lands. The currently existing foreign and Russian biogas technologies exclude the possibility of their application in the natural and climatic conditions of production in the agricultural sector of Yakutia, since they are designed for large livestock farms, have a significant price and operate in mesophilic mode, that is, they require connection to the central electric grid. The main criterion for using biogas as a fuel is the possibility of creating a non-volatile autonomous production. Biogas is used as an alternative fuel in indoor heating systems, as motor fuel in internal combustion engines. It is converted into electricity and used in cooking. Yakut scientists, due to the cold climate of the region, investigated and tested the anaerobic process in the psychrophilic mode of the installations. At the same time, dynamic and mathematical models of the anaerobic process in the psychrophilic mode of operation of biogas plants were developed for the first time.

Keywords: anaerobic process, biogas technologies, biogas, cogeneration, psychrophilic regime, summer farms, autonomous electricity, independent autonomous production, bioenergy installations

For citation: Savvateeva I. A., Druzianova V. P. Mathematical dependence of cogeneration process of biogas into electrical energy into a psychrophilic regime. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 182–190. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-182-190.

Введение. Исследованием биогазовой технологии занимались зарубежные и российские учёные. Однако существующие на сегодняшний день теоретические (математические) описания анаэробного сбраживания и процесса преобразования биогаза в топливо или электрическую энергию даны при функционировании мезофильного режима. В данной работе предложено внедрение и использование психрофильной биогазовой установки, когда энергогенерирующая линия сооружается и запускается в работу в тёплое время года на улице и без дополнительных нагревательных элементов.

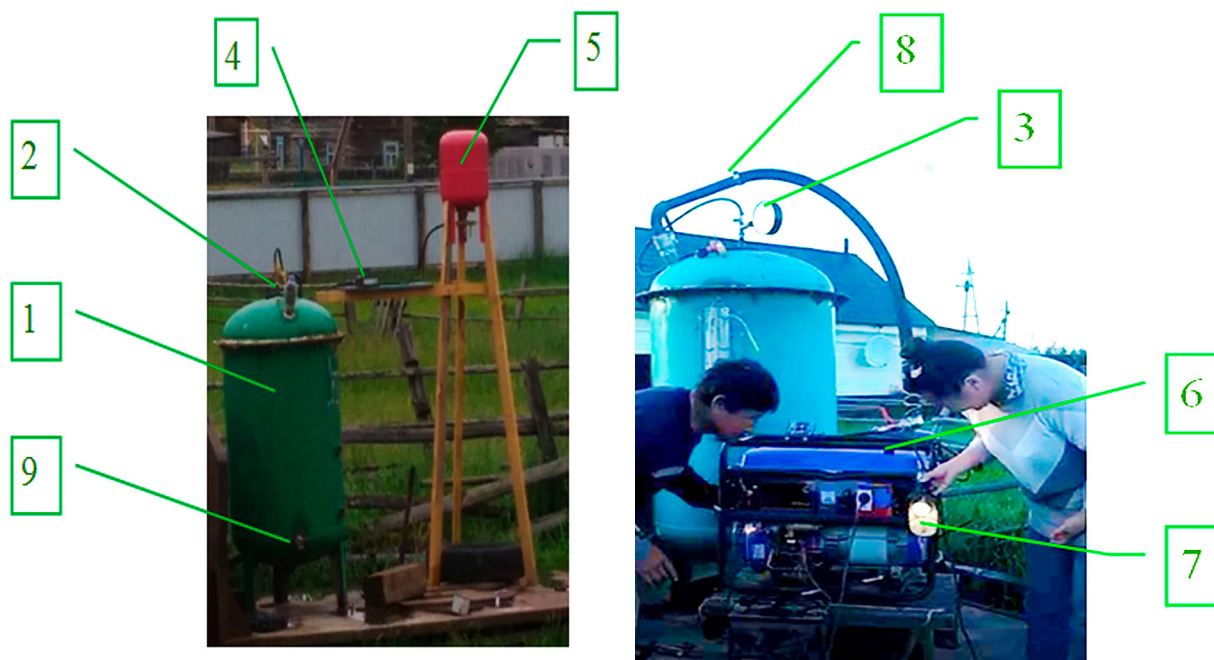
Целью представленного исследования является процесс математического описания преобразования биогаза в электрическую энергию в психрофильном режиме работы накопительной биоэнергетической установки.

Существующие математические модели основываются на экспериментах, выполненных в условиях мезофильно-

го режима, когда биогазовая технология имеет дополнительные источники энергии для поддержания высокой температуры сбраживания, составляющей от 32 до 35 °С. Следовательно, имеющиеся в данное время математические зависимости не подходят для описания анаэробного процесса в психрофильном режиме, который осуществляется при температуре окружающей среды в диапазоне от 5 до 20 °С.

В данной работе математически описывается автономная когенерационная технология, которая продуцирует биогаз в психрофильной установке без дополнительных источников подогрева извне. Это важно, поскольку предлагаемая и разработанная нами технология будет работать в летних фермах, организуемых на территории удаленных и заброшенных угодий Якутии.

Методика исследований. Пилотная энергогенерирующая биогазовая психрофильная линия была сооружена и апробирована в крестьянском хозяйстве (с. Тым-



1 – метантенк объёмом один кубометр; 2 – патрубок для загрузки; 3 – датчик давления; 4 – счетчик газа; 5 – газгольдер-компрессор; 6 – газовый генератор марки «СПЕЦ» модель SG-6500E; 7 – электрическая лампа мощностью 40 Ватт; 8 – газовые трубы; 9 – разгрузочный патрубок

Рисунок 1 – Общий вид пилотной линии по когенерации биогаза в электрическую энергию

пы Вилюйского района Республики Саха (Якутия) (рис. 1).

На первом этапе исследований были уточнены значения управляющих факторов, обеспечивающих оптимальный режим работы линии. В результате выявлены основные факторы, воздействующие на эффективный процесс преобразования биогаза в электроэнергию с первого метантенка в сутки:

1) оптимальная температура окружающего воздуха ($T_{окр}$) от 13 до 27 °С;

2) давление в компрессоре-газгольдере от 3 до 4 кПа;

3) объём производимого биогаза (V_B) от 0,4 до 2,6 м³;

4) диаметр жиклера при входе в генератор, равный 40 мм.

При данных факторах параметр процесса (количество производимой электроэнергии), будет находиться в пределах от 0,2 до 2,4 кВт/сут.

На основе динамической модели была получена математическая модель анаэробного сбраживания в виде (1) [24]:

$$\begin{aligned} \frac{dT}{d\tau} &= (\mu - \tilde{\mu})T, \\ \frac{dS}{d\tau} &= \tau j_s T - V - \bar{V}, \\ \frac{dP}{d\tau} &= \tau j_p T - M + \bar{M} \end{aligned} \quad (1)$$

где T , S , P – соответственно концентрации сбраживаемого навоза, субстрата и продукта метаболизма, кг/т;

τ – продолжительность анаэробного сбраживания;

μ , $\tilde{\mu}$ – соответственно удельные скорости роста и метаболизма биомассы сбраживаемого субстрата, сут.⁻¹;

j_s и j_p – соответственно удельные скорости разложения субстрата и образования продукта метаболизма, сут.⁻¹;

V и вектор V – соответственно скорости разложения субстрата и образования продукта метаболизма, кг/т·сут.;

M и вектор M – соответственно скорости массообмена субстрата и продуктов метаболизма при переходе из одной фазы в другую, кг/т·сут.

Ввиду того, что технология запускается и функционирует в летнее время, когда наружная температура положительная, для устойчивой работы биоэнергетической установки требуется только постоян-

ство температурного режима. В целях интенсификации процесса в психрофильном режиме при запуске биоэнергетических установок используется закваска, обсеменённая рабочими мезофильными метаногенными микроорганизмами и адаптированными к психрофильным условиям [24].

Большой вклад в исследования по работе автономных биоэнергетических установок внесли Орозмамат Мамасалиевич Осмонов и Андрей Александрович Ковалёв.

О. М. Осмоновым сформулирована следующая математическая зависимость (2) [17]:

$$W = \sum P_{н(i)} \cdot t_{р(i)} \quad (2)$$

где W – потребность в энергии, Вт·ч;

$P_{н(i)}$ – мощность устройства-потребителя электроэнергии, Вт;

$t_{р(i)}$ – время работы устройства, час.

Однако, в своих экспериментах автор использовал дополнительные источники тепла в виде солнечных модулей. Соответственно, применение мезофильного режима работы исключается в условиях фермерских хозяйств Якутии ввиду дороговизны установок таких модулей. Испытания разработанной технологии проводились с дозой загрузки 4,5 % объёма метантенка. Объём полезного продукта составил 1,26 м³ в сутки. Также были получены 110 кг в сутки обеззараженных органических удобрений.

А. А. Ковалёв разработал модернизированную схему биоэнергетической установки [14]. Испытания проводились на органическом сырье фермы крупного рогатого скота в 400 голов. За счёт использованию усовершенствованной системы теплоснабжения были достигнуты следующие результаты по количеству электрической энергии: 1237,478 кВт·ч в сутки и 374,8 кВт·ч в сутки. При этом максимальное количество производимой тепловой энергии составило 0,336 кВт·ч в сутки, количество рекуперированной теплоты – 0,448 кВт·ч в сутки, скорость нагрева достигала 0,46 °C в минуту.

В результате испытаний А. А. Ковалёвым сформирована энергонезависимая технология по переработке бесподстилочного навоза крупного рогатого скота с модернизированной схемой теплоснабжения

биогазовой установки. Следует отметить, что технология Ковалёва также работает в мезофильном режиме, который весьма требователен к изменениям рабочей температуры сбраживания. При процессе ферментации допустимые изменения температуры в мезофильном режиме должны находиться в пределах плюс (минус) одного градуса Цельсия в час [18].

Ковалёвым предложена следующая математическая зависимость (3):

$$Q_p = \left(\frac{C_H \cdot \rho_H \cdot V_H \cdot (T_H - T_{Oxmin}) \cdot 10^{-3}}{24 \cdot 3600} \right) \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \right) n \quad (3)$$

где Q_p – количество теплоты, кВт·ч;

C_H^p – теплоёмкость субстрата, кДж на кг·°C;

ρ_H – плотность субстрата, кг/м³;

V_H – доза загрузки, м³/сут.;

T_H – температура сбраживания, °C;

T_{Oxmin} – температура эфлюента в резервуаре, необходимая для прекращения остаточного газовыделения, °C;

ε – коэффициент теплопередачи;

n – время работы в сутки, час.

Результаты и обсуждение. Для математического описания процесса преобразования биогаза в электрическую энергию в психрофильном режиме исходили из известной формулы для определения количества потребляемой энергии (7):

$$W_{эл.эн.} = \frac{Q_б}{t} \quad (4)$$

где $W_{эл.эн.}$ – количество потребляемой энергии, кВт;

$Q_б$ – теплотворная способность биогаза, кДж;

t – время работы, с.

Исходя из соотношения, что один киловатт равен одному килоджоулю в секунду, необходимо определить теплотворную способность биогаза.

В своей работе В. П. Друзыянова разработала зависимость, описывающую теплотворную способность биогаза, в следующем виде (5) [11]:

$$Q_б = V_б \cdot c_б \cdot (T_{сбр} - T_{окр}) \quad (5)$$

где V_6 – объём биогаза, м³;
 c_6 – удельная теплоёмкость биогаза, кДж/К·м³;
 $T_{сбр}$ – температура сбраживания, К;
 $T_{окр}$ – температура окружающей среды, К.

Данная зависимость разработана и подходит для установок в мезофильном режиме работы [11].

В случае психрофильного режима выход биогаза происходит без дополнительного нагрева, поэтому будем исходить из формулы количества теплоты Q , выделяющегося при сгорании топлива (6):

$$Q = \lambda \cdot m \quad (6)$$

где λ – теплота сгорания вещества, кДж/кг;
 m – масса вещества, кг.

Так как топливо является биогазом, массу преобразовываем по формуле (7):

$$m = \rho \cdot V \quad (7)$$

где ρ – плотность биогаза, кг/м³;
 V – объём биогаза, м³.

Объединяя формулы (4), (6) и (7) получим выражение (8):

$$W_{эл.эн.} = \frac{\lambda_6 \cdot \rho_6 \cdot V_6}{t} \quad (8)$$

где λ_6 – теплота сгорания одного кубометра биогаза, кДж/м³;
 ρ_6 – плотность биогаза, кг·м³;
 V_6 – объём биогаза, м³;
 t – время работы генератора, с.

Разработанная зависимость (8) позволяет рассчитать ожидаемое количество электроэнергии, которую можно производить из биогаза, сжигая его в газовых генераторах.

При окончательном планировании ожидаемого количества энергии нужно учесть, что 20 % энергии теряется на коэффициент полезного действия генератора.

Ввиду того, что размеры молекул биогаза больше молекул природного газа, необходимо подбирать диаметр жиклера, через который биогаз подается в камеру сгорания генератора. Это объясняется тем, что сера, входящая в состав биогаза, состоит из длинных линейных молекул, поэтому диаметр жиклера для природного газа не подходит. В отличие от биогаза основную часть природного газа составляет метан (СН₄), доля которого достигает от 70 до 98 % (молярная масса метана составляет 16,04 г/моль). В свою очередь, в состав биогаза входят метан (СН₄ с долей от 92 до 94 %), углекислый газ (СО₂, с долей 7 %). Биогаз также включает небольшие количества сероводорода (Н₂С с молярной массой 34,08 г/моль и долей 0,03 %), аммиака (NH₃ с молярной массой 17,03 г/моль и долей 0,01 %) и водорода (Н₂, с молярной массой 2,01 г/моль и долей 0,02 %).

Поскольку предлагаемая технология внедряется в летние фермы, то марку генератора следует выбирать под конкретное оборудование для механизации трудоёмких процессов. На данный момент для молочных ферм имеется основное требование обязательного применения доильных установок. Исходя из этого предложено использовать газовый генератор марки «СПЕЦ» (модель SG-6500E) [22, 24]. Данная модель вырабатывает пять киловатт мощности при уровне подачи топлива более 1,4 кубометра в час.

Таким образом, подставляя необходимые данные в формулу (8), можно определить требуемое количество потребляемой энергии для функционирования той или другой машины или оборудования при механизации процессов животноводства.

Список источников

1. Апробация новой биогазовой технологии: эксперименты и результаты / В. П. Друзьянова, С. А. Петрова, М. К. Охлопкова [и др.] // Журнал борьбы с промышленным загрязнением окружающей среды. 2017. № 1 (33). С. 1058–1066.
2. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз: Теория и практика. М. : Колос, 1982. 148 с.
3. Безруких П. П. Эффективность возобновляемой энергетики. Мифы и факты // Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование. 2015. № 1 (29). С. 5–17.
4. Биогаз – высокорентабельное топливо для всех регионов России / Е. С. Панцхава, М. М. Шипилов, А. П. Пауков // Новости теплоснабжения. 2008. № 1. С. 20–23.
5. Биогаз на основе возобновляемого сырья – сравнительный анализ шестидесяти одной установки по производству биогаза в Германии // Специальное агентство возобновляемых ресурсов (FNR). URL: <https://mediathek.fnr.de/russische-kurzfassung-biogas-messprogramm-ii.html> (дата обращения 11.02.2014).
6. Веденев А. Г. Веденева Т. А. Биогазовые технологии в Кыргызской Республике. Бишкек : Полиграфическое оформление, 2006. 90 с.
7. Веденев А. Г., Веденева Т. А. Руководство по биогазовым технологиям. Бишкек : ДЭМИ, 2011. 84 с.
8. Государственное собрание (ИЛ ТУМЭН) Республики Саха (Якутия) : сайт. URL: <https://iltumen.ru> (дата обращения: 19.05.2021).
9. Гюнтер Л. И., Гольдфраб Л. Л. Метантенки. Москва : Стройиздат, 1991. 128 с.
10. Даянова Г. И., Егорова Г. И., Протопопова Л. Д. Анализ эффективности использования сельскохозяйственных угодий в Республике Саха (Якутия) // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2016. № 9 (1). С. 509–512.
11. Друзьянова В. П. Энергосберегающая технология переработки навоза крупного рогатого скота : автореф. дис. ... докт. техн. наук. Улан-Удэ, 2015. 22 с.
12. Евтеев В. К., Друзьянова В. П. Особенности механизации животноводства в Республике Саха (Якутия) // Актуальные проблемы АПК : материалы регион. науч.-практ. конф. (Иркутск, 4 октября 2001 г.). Иркутск : Иркутский государственный университет, 2001. С. 14–15.
13. Егорова Е. Н. Обоснование параметров метантенка малого объёма с перемешивающим устройством для условий Республики Саха (Якутия) : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Благовещенск, 2017. 20 с.
14. Ковалев А. А. Повышение энергетической эффективности биогазовых установок : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2014. 22 с.
15. Ковалев В. В., Унгурияну Д. В., Ковалёва О. В. Теоретические и практические аспекты совершенствования процессов биогазовой технологии // Проблемы региональной энергетики. 2012. № 1. С. 102–114.
16. Костромин Д. В. Анаэробная переработка органических отходов животноводства в биореакторе с барботажным перемешиванием : автореф. дис. канд. техн. наук. М., 2010. 17 с.
17. Осмонов О. М. Научно-технические основы создания автономных биоэнергетических установок для крестьянских (фермерских) хозяйств в горных районах Киргизии : автореф. дис. ... докт. техн. наук. М., 2012. 36 с.
18. Отчёт о реализации государственной программы Республики Саха (Якутия) «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2020–2024 гг.» за 2020 г. // Министерство сельского хозяйства Республики Саха (Якутия). URL: <https://minsel.sakha.gov.ru/uploads/83/5dadf11279589b6f99471745d9ea6434ed0ae8f6.doc> (дата обращения: 08.06.2021).
19. Петров К. П. Аэродинамика тел простейших форм. М. : Физматлит, 1998. 428 с.

20. Петров Н. В. Обеспечение работоспособности бензиновых двигателей внутреннего сгорания сельскохозяйственной техники при переводе на биогаз корректированием регулировочных параметров двигателя : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Улан-Удэ, 2013. 20 с.
21. Ресурсосберегающая технология производства экологически чистых органических удобрений / В. П. Друзьянова, С. А. Петрова, М. К. Охлопкова [и др.] // Дуна. 2018. № 4 (93). С. 398–403.
22. Савватеева И. А., Друзьянова В. П. Когенерация биогаза в электрическую энергию для организации летних ферм в Якутии // Транспортные системы: безопасность, новые технологии, экология : материалы II междунар. науч.-практ. конф. (Якутск, 16–17 апреля 2020 г.). Якутск : Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, 2020. С. 47–51.
23. Семенова О. П. Повышение экологической безопасности в сельскохозяйственном производстве путем применения фильтра очистки биогаза с природным цеолитом : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Якутск, 2018. 24 с.
24. Электроэнергия из биогаза / И. А. Савватеева, И. Ю. Александров, В. П. Друзьянова [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 5 (187). С. 139–145.

References

1. V. P. Druzianova, S. A. Petrova, M. K. Okhlopko, A. V. Spiridonova, A. M. Bondarenko. Aprobatsiia novoi biogazovoi tekhnologii: eksperimenty i rezul'taty [Approbation of new biogas technology: experiments and results]. *Zhurnal bor'by s promyshlennym zagriazneniem okruzhaiushchei sredy. – Journal of Combating Industrial Pollution of the Environment*, 2017; 1 (33): 1058–1066 (in Russ.).
2. Baader V., Done E., Brennderfer M. *Biogaz: Teoriia i praktika [Biogas: Theory and Practice]*, Moskva, Kolos, 1982, 148 p. (in Russ.).
3. Bezrukikh P. P. Effektivnost' vobnovliaemoi energetiki. Mify i fakty [Renewable energy efficiency. Myths and facts]. *Tekhnologii, sredstva mekhanizatsii i energeticheskoe oborudovanie. – Technologies, means of mechanization and power equipment*, 2015; № 1 (29): 5–17 (in Russ.).
4. Pantskhava E. S., Shipilov M. M., Paukov A. P., Kovalev N. D. Biogaz – vysokorentabel'noe toplivo dlia vseh regionov Rossii [Biogas is a highly profitable fuel for all regions of Russia]. *Novosti teplosnabzheniia. – Heat supply news*, 2008; 1: 20–23 (in Russ.).
5. Biogaz na osnove vobnovliaemogo syr'ia – Sravnitel'nyi analiz shestidesiati odnoi ustanovki po proizvodstvu biogaza v Germanii [Biogas based on renewable raw materials – Comparative analysis of sixty-one biogas plants in Germany]. *mediathek.fnr.de* Retrieved from URL: <https://mediathek.fnr.de/russische-kurzfassung-biogaz-messprogramm-ii.html> (Accessed 11 February 2014) (in Russ.).
6. Vedenev A. G., Vedeneva T. A. *Biogazovye tekhnologii v Kyrgyzskoi Respublike [Biogas technologies in the Kyrgyz Republic]*, Bishkek, Poligraficheskoe oformlenie, 2006, 90 p. (in Russ.).
7. Vedenev A. G., Vedeneva T. A. *Rukovodstvo po biogazovym tekhnologiiam [Biogas Technology Guide]*, Bishkek, DEMI, 2011, 84 p. (in Russ.).
8. Gosudarstvennoe sobranie (IL TUMEN) Respubliki Saha (Yakutiya) [The State Assembly (IL TUMEN) of the Republic of Sakha (Yakutia)]. *iltumen.ru* Retrieved from <https://iltumen.ru> (Accessed 19 May 2021) (in Russ.).
9. Giunter L. I., Goldfrab L. L. *Metantenki [Digesters]*, Moskva, Stroiizdat, 1991, 128 p. (in Russ.).
10. Daianova G. I. Analiz effektivnosti ispol'zovaniia zemel' sel'skokhoziaistvennogo naznacheniia [Analysis of the efficiency of agricultural land use in the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Sbornik nauchnyh trudov Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovcevodstva i kozovodstva. – Collection of scientific papers of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding*, 2016; № 9 (1): 509–512 (in Russ.).

11. Druzianova V. P. Energoberegaiushchaia tekhnologiya pererabotki navoza krupnogo rogatogo skota [Energy-saving technology for processing cattle manure]. *Extended abstract of doctor's thesis*. Ulan-Ude, 2015, 22 p. (in Russ.).
12. Evteev V. K., Druzianova V. P. Osobennosti mekhanizatsii zhivotnovodstva v Respublike Sakha (Yakutiya) [Features of mechanization of animal husbandry in the Republic of Sakha (Yakutia)]. Proceedings from Actual problems of the agro-industrial complex: *Regional'naya nauchno-prakticheskaya konferenciya (4 oktyabrya 2001 g.) – Regional Scientific and Practical Conference*. (PP. 14–15), Irkutsk, 2001 (in Russ.).
13. Egorova E. N. Obosnovanie parametrov metantenkamalogo ob'ema speremeshivaiushchim ustroystvom dlia uslovii Respubliki Sakha (Iakutiia) [Substantiation of the parameters of a small digester with a mixing device for the conditions of the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Blagoveshchensk, 2017, 20 p. (in Russ.).
14. Kovalev A. A. Povyslenie energeticheskoi effektivnosti biogazovykh ustanovok [Increasing of the energy efficiency of biogas plants]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moskva, 2014, 22 p. (in Russ.).
15. Kovalev V. V., Ungurianu D. V., Kovaleva O. V. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty sovershenstvovaniia protsessov biogazovoi tekhnologii [Theoretical and practical aspects of improving the processes of biogas technology]. *Problemy regional'noi energetiki. – Problems of regional energy*, 2012; 1: 102–114 (in Russ.).
16. Kostromin D. V. Anaerobnaia pererabotka organicheskikh otkhodov zhivotnovodstva v bioreaktore s barbotazhnym peremeshivaniem [Anaerobic processing of organic animal waste in a bioreactor with bubbling mixing]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moskva, 2010, 17 p. (in Russ.).
17. Osmonov O. M. Nauchno-tekhnicheskie osnovy sozdaniia avtonomnykh bioenergeticheskikh ustanovok dlia krest'ianskikh (fermerskikh) hoziaystv v gornykh rayonah Kirgizii [Scientific and technical foundations for the creation of autonomous bioenergy installations for peasant (farmer) households in the mountainous regions of Kyrgyzstan]. *Extended abstract of doctor's thesis*. Moskva, 2012, 36 p. (in Russ.).
18. Otchet o realizatsii gosudarstvennoy programmy Respubliki Saha (Yakutiya) 'Razvitie sel'skogo hoziaystva i regulirovaniia rynkov sel'skokoziaystvennoy produktsii, syr'ia i prodovol'stviia na 2020–2024 gody' za 2020 g. [Report on the implementation of the state program of the Republic of Sakha (Yakutia) "Development of agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and production for 2020–2024" for 2020]. *minsel.sakha.gov.ru* Retrieved from <https://minsel.sakha.gov.ru/uploads/83/5dadf11279589b6f99471745d9ea6434ed0ae8f6.doc> (Accessed 8 June 2021) (in Russ.).
19. Petrov K. P. *Aerodinamika tel prosteishikh form [Aerodynamics of bodies of the simplest shapes]*, Moskva, Fizmatlit, 1998, 428 p. (in Russ.).
20. Petrov N. V. Obespechenie rabotosposobnosti benzinovykh dvigatelei vnutrennego sgoraniia sel'skokhoziaistvennoi tekhniki pri perevode na biogaz korrektsionirovaniem regulirovochnykh parametrov dvigatel'ia [Ensuring of the operability of gasoline internal combustion engines of agricultural machinery when converting to biogas by adjusting the regulated parameters of the engines]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Ulan-Ude, 2013, 20 p. (in Russ.).
21. Druzianova V. P., Petrova S. A., Okhlopko M. K., Sergeev Yu. O. Resursoberegaiushchaia tekhnologiya proizvodstva ekologicheskii chistykh organicheskikh udobrenii [Resource-saving technology for the production of environmentally friendly organic fertilizers]. *Dyna. – Dyna*, 2018; 4 (93): 398–403 (in Russ.).
22. Savvateeva I. A., Druz'ianova V. P. Kogeneratsiia biogaza v elektricheskuiu energiiu dlia organizatsii letnykh ferm v Iakutii [Cogeneration of biogas into electrical energy for the organization of summer farms in Yakutia]. Proceedings from Transport systems: safety, new technologies, ecology: *II Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya (16–17 apreliia 2020 g.) – 2nd International Scientific and Practical Conference*. (PP. 139–145), Yakutsk, Severo-Vostochnyi federal'nyi institut imeni M. K. Ammosova, 2020 (in Russ.).

23. Semenova O. P. Povyshenie ekologicheskoi bezopasnosti v sel'skokhoziaistvennom proizvodstve putem primeneniia fil'tra oчитki biogaza s prirodnyim tseolitom [Improvement of environmental safety in agricultural production by using a biogas filter with natural zeolite]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Yakutsk, 2018, 24 p. (in Russ.).

24. Savvateeva I. A., Aleksandrov I. Yu., Druz'ianova V. P., Kokieva G. E. Elektroenergiia iz biogaza [Electricity from biogas]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2020; 5 (187): 139–145 (in Russ.).

© Савватеева И. А., Друзьянова В. П., 2021

Статья поступила в редакцию 09.10.2021; одобрена после рецензирования 20.11.2021; принята к публикации 09.12.2021.

The article was submitted 09.10.2021; approved after reviewing 20.11.2021; accepted for publication 09.12.2021.

Информация об авторах

Савватеева Ирина Аркадьевна, старший преподаватель кафедры эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, karinushka_nv25@mail.ru;

Друзьянова Варвара Петровна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова; профессор Октемского филиала Арктического государственного агротехнологического университета, druzvar@mail.ru

Information about authors

Irina A. Savvateeva, Senior Lecturer of the Department of Operation of Road Transport and Car Service, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, karinushka_nv25@mail.ru;

Varvara P. Druzianova, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Operation of Road Transport and Car Service, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov; Professor of the Oktemsky Branch of the Arctic State Agrotechnological University, druzvar@mail.ru

УДК 629:631.3

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-191-195

Результаты исследований по повышению крутящего момента двигателя**Вячеслав Анатольевич Сенников¹, Наталья Николаевна Сенникова²,
Андрей Вячеславович Сенников³**^{1,2,3} Дальневосточный государственный аграрный университет,
Амурская область, Благовещенск, Россия¹ Sennikovva@mail.ru, ² Sennikovan.n@mail.ru, ³ Tres_25_06@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований, посвященные повышению крутящего момента двигателя. В настоящее время вопрос повышения эффективности использования энергоносителей является особенно актуальным. Это объясняется тем, что цены на них постоянно возрастают. Особенно остро этот вопрос стоит там, где в эксплуатации находятся энергетические средства, имеющие срок службы более 10–15 лет, а именно, в небольших крестьянско-фермерских хозяйствах. Один из вопросов, стоящих перед товаропроизводителями – изыскание путей увеличения производительности. Особенно это касается производителей сельскохозяйственной продукции, так как величина производительности во многом зависит от природно-климатических условий, которые очень трудно заранее предвидеть. Следовательно, выполнить весь объём запланированных работ в строго отведённые сроки не всегда представляется возможным. Несоблюдение сроков влечёт за собой снижение урожайности, что, в конечном итоге, увеличивает величину затрат на единицу полученной продукции. В этих условиях необходимо находить пути решения, и одним из таких путей является повышение производительности имеющихся машинно-тракторных агрегатов. Поэтому, в данной ситуации необходимо изыскивать возможность повышения эффективности использования таких энергетических средств за счёт внедрения новых технических решений. В то же время при внедрении новых технических решений необходимо уделять должное внимание вопросу экологии. Один из способов решения данной проблемы состоит в изыскании альтернативных источников энергии, которые при сравнительно небольшой себестоимости давали бы возможность повысить эффективность использования энергетических средств за счёт улучшения эксплуатационных показателей (крутящий момент двигателя).

Ключевые слова: двигатель, крутящий момент, энергетическое средство, эффективная мощность, газодизельная смесь

Для цитирования: Сенников В. А., Сенникова Н. Н., Сенников А. В. Результаты исследований по повышению крутящего момента двигателя // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 191–195. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-191-195.

Results of studies on engine torque increase**Vyacheslav A. Sennikov¹, Natalia N. Sennikova², Andrey V. Sennikov³**^{1,2,3} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia¹ Sennikovva@mail.ru, ² Sennikovan.n@mail.ru, ³ Tres_25_06@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies devoted to increase of engine torque. Currently, the issue of efficiency increase of energy use is very urgent. This is due to the fact that their prices are constantly rising. This issue is especially acute, where energy resources are in operation, having a service life of more than 10–15 years, namely in small peasant farms. One of the questions facing manufacturers is finding ways to increase productivity. This is especially true for agricultural producers, since the value of productivity largely depends on natural and climatic conditions, which are very difficult to foresee in advance. Consequently, it is not always possible to complete the entire scope of the planned work within the strictly allotted time frame. Failure to comply with the terms entails, as a consequence, a decrease in yield, which, ultimately, increases

the cost per unit of received product. In these conditions, it is necessary to find solutions, and one of the ways is to increase the productivity of the existing machine and tractor units. Therefore, in this situation, it is necessary to seek the possibility of efficiency increase of the use of such energy resources through the introduction of new technical solutions. At the same time, when introducing new technical solutions, it is necessary to pay due attention to the issue of ecology, since much attention is currently paid to this issue. One of the ways to solve this problem is to search for alternative energy sources, which, at a relatively low cost, would make it possible to increase the efficiency of using energy resources by improving performance indicators (engine torque).

Keywords: engine, torque, energy mean, effective power, gas-diesel mixture

For citation: Sennikov V. A., Sennikova N. N., Sennikov A. V. Results of studies on engine torque increase. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 191–195. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-191-195.

Введение. Используемые в настоящее время в сельскохозяйственном производстве энергетические мощности, в частности, тракторы работают на дизельном топливе. При этом необходимо отметить, что цены на топливо с каждым годом возрастают. В период 2010–2021 гг. дизельное топливо подорожало с 19 до 53 рублей за литр или практически в три раза. При этом необходимо учесть, что в небольших крестьянско-фермерских хозяйствах используются тракторы, срок службы которых составляет выше нормативного срока эксплуатации в несколько раз. Поэтому, одним из способов повышения эффективности использования таких тракторов является их перевод на газодизельную систему питания [1, 2, 3].

В настоящее время использование газодизельной системы питания двигателя представляется практически единственным эффективным способом снижения расходов на дизельное топливо. При таком подходе дизельное топливо используется лишь как запальная доза для воспламенения смеси, так как на дизельных двигателях нет искровой системы зажигания.

Как показывают исследования, наилучшие экономические показатели достигаются при использовании в виде второго топлива сжатого природного газа (метан). Максимальный процент замещения при использовании метана составляет 85 %, средний процент замещения – 70 %. При этом необходимо отметить, что при сжигании метана выброс вредных веществ в атмосферу значительно ниже, чем при сжигании дизельного топлива. В связи с этим были проведены исследования по использованию газодизельной смеси.

Цель работы состоит в увеличении эффективности использования энергетических средств за счёт повышения крутящего момента двигателя.

Условия и методы исследований. При проведении исследований учитывались требования, изложенные в государственных стандартах:

1. ГОСТ 14846–2020. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний.

2. ГОСТ 21393–75. Автомобили с дизелями. Дымность отработанных газов. Нормы и методы измерений. Требования безопасности.

Использование данных стандартов позволило всесторонне и объективно раскрыть искомые зависимости и достоверно установить взаимосвязи, характеризующие процессы сгорания газодизельной смеси в двигателе.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях на тормозном стенде (рис. 1). При проведении испытаний фиксировались следующие параметры: показания дымомера «Инфракар Д1», показания динамометра, обороты двигателя, время опыта, расход газа и дизельного топлива за опыт. Полученные результаты обрабатывались на персональном компьютере с использованием программ *KPS* и *Statistika-7*.

Результаты исследований. Крутящий момент двигателя является одним из показателей, характеризующих эффективность работы двигателя. Это объясняется тем, что он в дальнейшем оказывает влияние на ведущий момент трактора и, как следствие, на тяговое усилие, развиваемое трактором.

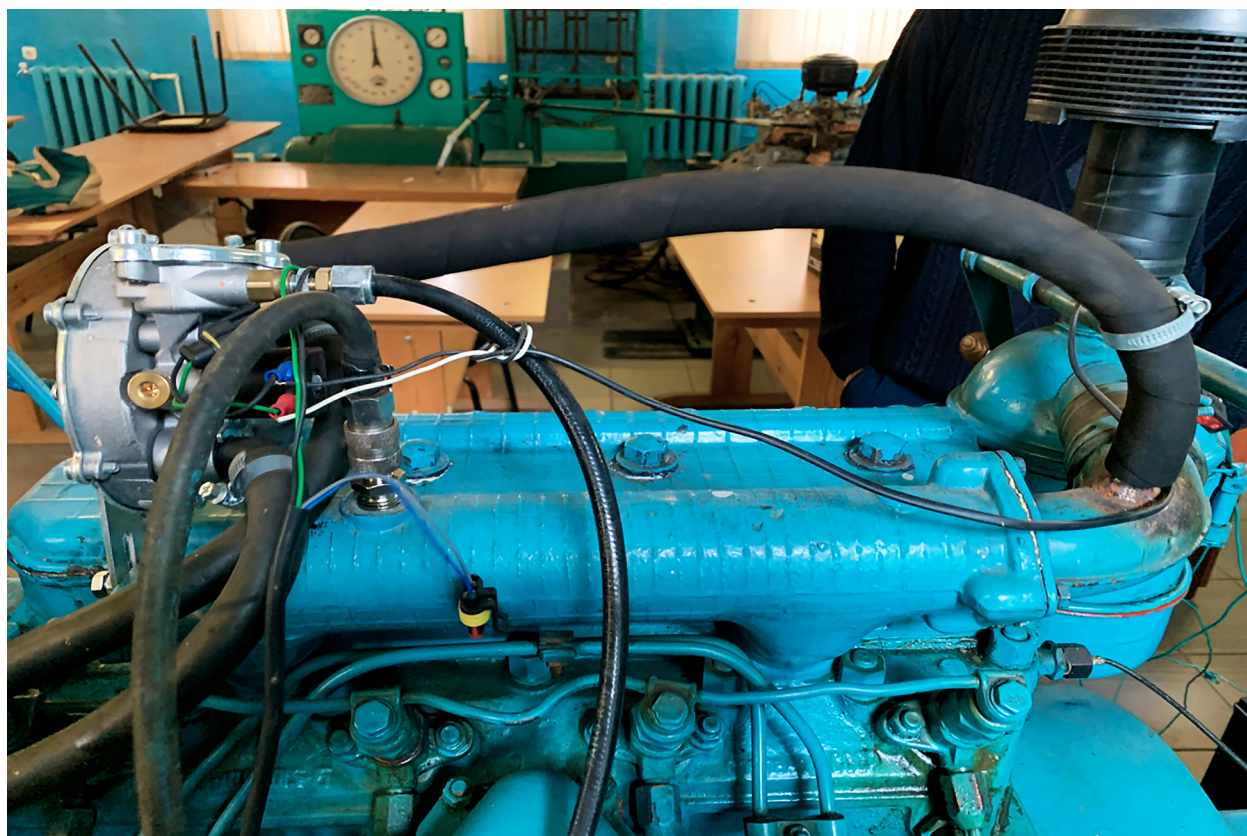


Рисунок 1 – Общий вид двигателя с устройством для подачи газа, установленном на тормозном стенде

На основании проведенных теоретических исследований были получены формулы для определения эффективной мощности двигателя (в киловатт), работающего в серийном варианте (1), и двигателя, работающего на газодизельной смеси (2) [2]:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n \cdot i \cdot \eta_e \cdot P_c \cdot Q_H}{8,314 \cdot M_e \cdot T_c \cdot (\varepsilon - 1) \cdot P_i \cdot 30 \cdot \tau}, \quad (1)$$

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n \cdot i \cdot \eta_e \cdot P_c \cdot (Q_{HD} + Q_{HG})}{8,314 \cdot M_e \cdot T_c \cdot (\varepsilon - 1) \cdot P_i \cdot 30 \cdot \tau} \quad (2)$$

где P – среднее эффективное давление, МПа;
 V_h – рабочий объём цилиндра двигателя, л;
 n – частота вращения коленчатого вала двигателя, мин⁻¹;
 i – число цилиндров двигателя;
 η_e – эффективный коэффициент полезного действия;
 P – давление конца сжатия, МПа;
 Q_H – низшая теплота сгорания топлива, кДЖ/кг;
 Q_{HD} – низшая теплота сгорания дизельного топлива, кДЖ/кг;

Q_{HG} – низшая теплота сгорания природного газа, кДЖ/кг;
 M_e – число молей перед началом сгорания, кмоль/кг;
 T_c – температура конца сжатия, К;
 ε – степень сжатия;
 P_i – среднее индикативное давление, МПа;
 τ – коэффициент тактности.

Между эффективной мощностью двигателя и крутящим моментом существует зависимость (3):

$$N_e = \frac{M_g \cdot n}{9550} \quad (3)$$

где M_g – крутящий момент, Нм.

Выразим величину крутящего момента двигателя формулой (4):

$$M_g = \frac{N_e \cdot 9550}{n} \quad (4)$$

Решив совместно уравнения (1), (2) и (4), получим величину крутящего момента

двигателя (в ньютон-метрах), работающего в серийном варианте (5), и двигателя, работающего на газодизельной смеси (6):

$$M_g = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n \cdot i \cdot \eta_e \cdot P_c \cdot Q_{HD} \cdot n}{8,314 \cdot M_e \cdot T_c \cdot (\varepsilon - 1) \cdot P_i \cdot 30 \cdot \tau \cdot 9550'} \quad (5)$$

$$M_g = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n \cdot i \cdot \eta_e \cdot P_c \cdot (Q_{HD} + Q_{HF}) \cdot n}{8,314 \cdot M_e \cdot T_c \cdot (\varepsilon - 1) \cdot P_i \cdot 30 \cdot \tau \cdot 9550} \quad (6)$$

После анализа полученных формул (5) и (6) видно, что крутящий момент у двигателя, работающего на газодизельной смеси, выше, чем у двигателя, работающего на дизельном топливе.

С целью подтверждения полученных теоретических зависимостей были проведены экспериментальные исследования по определению крутящего момента двигателя в лабораторных условиях для трёх вариантов работы:

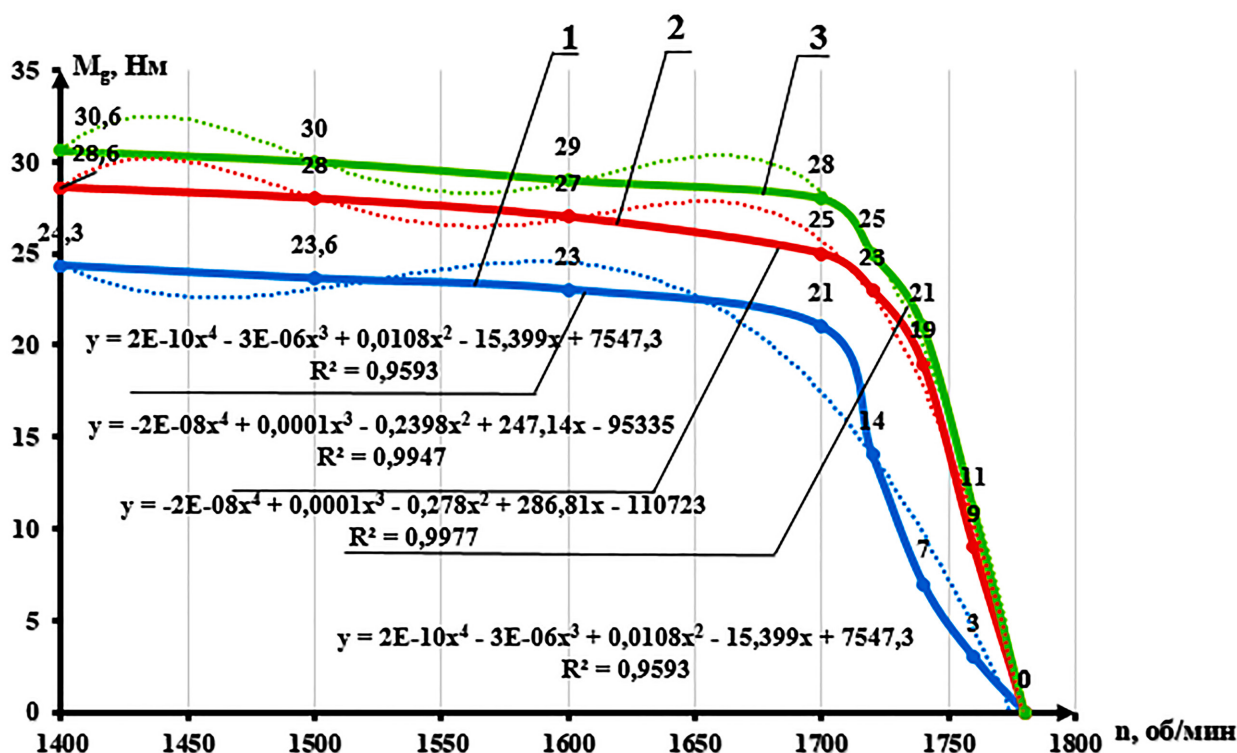
1) двигатель, работающий на дизельном топливе;

2) двигатель, работающий на газодизельной смеси;

3) двигатель, работающий на газодизельной смеси с дополнительной подачей воздуха.

Полученные результаты представлены на рисунке 2. Анализ данных показывает, что крутящий момент двигателя, работающего на газодизельной смеси и газодизельной смеси с дополнительной подачей воздуха выше по сравнению с крутящим моментом двигателя, работающего на дизельном топливе. При 1700 оборотов в минуту крутящий момент двигателя, работающего на газодизельной смеси увеличился с 21 Нм до 28 Нм, то есть на 33,3 %.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что использование газодизельной смеси позволяет повысить крутящий момент двигателя и, как следствие, ведущий момент и тяговое усилие трактора.



1 – крутящий момент серийного двигателя, работающего на дизельном топливе; 2 – крутящий момент экспериментального двигателя, работающего на газодизельной смеси; 3 – крутящий момент экспериментального двигателя, работающего на газодизельной смеси с дополнительной подачей воздуха

Рисунок 2 – Регуляторная характеристика крутящего момента двигателя

Список источников

1. Панов А. В. Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования. М. : Академия, 2006. 160 с.
2. Результаты исследований по использованию комбинированного топлива / В. А. Сенников [и др.] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2021. № 4. URL: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/4/st_404.pdf (дата обращения: 25.08.2021).
3. Сенников В. А., Щитов С. В., Сенников А. В. Зависимость производительности машинно-тракторных агрегатов от вида используемого топлива // Наука и современность: материалы 60-й междунар. науч. конф. Евразийского Научного Объединения (Москва, февраль 2020). М. : Евразийское Научное объединение, 2020. С. 339–341.

References

1. Panov A. V. *Ustanovka i ekspluatatsiya gazoballonnoho oborudovaniya [Installation and operation of gas equipment]*, Moskva, Academy, 2006, 160 p. (in Russ.).
2. Sennikov V. A., Sennikova N. N., Sennikov A. V., Shchitov S. V. Rezul'taty issledovaniy po ispol'zovaniyu kombinirovannogo topliva [The results of research on the use of combined fuel]. *AgroEkoInfo – AgroEkoInfo*, 2021; 4. Retrieved from http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/4/st_404.pdf (Accessed 25 August 2021) (in Russ.).
3. Sennikov V. A., Shchitov S. V., Sennikov A. V. Zavisimost' proizvoditel'nosti mashinno-traktornykh agregatov ot vida ispol'zuemogo topliva [Dependence of machine-tractor unit productivity on the type of used fuel]. Proceedings from Science and modernity: 60-ya Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya Evrazijskogo Nauchnogo Ob"edineniya (fevral' 2020 g.) – 60th International Scientific Conference of the Eurasian Scientific Association. (PP. 339–341), Moskva, Evrazijskoe Nauchnoe ob"edinenie, 2020 (in Russ.).

© Сенников В. А., Сенникова Н. Н., Сенников А. В., 2021

Статья поступила в редакцию 20.09.2021; одобрена после рецензирования 15.10.2021; принята к публикации 03.12.2021.

The article was submitted 20.09.2021; approved after reviewing 15.10.2021; accepted for publication 03.12.2021.

Информация об авторах

Сенников Вячеслав Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный государственный аграрный университет, Sennikovva@mail.ru;

Сенникова Наталья Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры физики и информатики, Дальневосточный государственный аграрный университет, Sennikovan.n@mail.ru;

Сенников Андрей Вячеславович, соискатель, Дальневосточный государственный аграрный университет, Tres_25_06@mail.ru

Information about authors

Vyacheslav A. Sennikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Energy facilities and Mechanization of the Agro-industrial complex, Far Eastern State Agrarian University, Sennikovva@mail.ru;

Natalia N. Sennikova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics and Computer Science, Far Eastern State Agrarian University, Sennikovan.n@mail.ru;

Andrey V. Sennikov, Degree-Seeking Student, Far Eastern State Agrarian University, Tres_25_06@mail.ru

УДК 519.87:620.95+631.862

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-196-203

Математическое описание процесса пиролиза твердого бесподстилочного навоза**Анастасия Валериевна Спиридонова¹, Варвара Петровна Друзьянова²**^{1,2} Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия² Октемский филиал Арктического государственного агротехнологического университета, Республика Саха (Якутия), с. Октемцы, Россия¹ Savadf0706@mail.ru, ² druzvar@mai.ru

Аннотация. Результатами производства сельскохозяйственных ферм являются не только животноводческие продукты, но и органические отходы: например, бесподстилочный навоз крупного рогатого скота. В настоящее время в аграрном секторе Якутии отсутствуют технологии по переработке бесподстилочного навоза. Как результат, наносится колоссальный вред окружающей среде. Низкие температуры окружающего воздуха способствуют эффективной консервации вредоносной, злокачественной микрофлоры и семян сорных растений, содержащихся в навозе. Также вносит свой вклад вечная мерзлота – по весне происходит вспучивание земли, и находящиеся на поверхности отходы активно смываются талыми водами, интенсивно загрязняются низменные земли и открытые водоемы. Республика Саха (Якутия) характеризуется значительными объемами земельных ресурсов. Однако земель, подходящих для сельскохозяйственного освоения, недостаточно. Исходя из статистических данных, по результатам работы отраслей растениеводства и животноводства за последние несколько лет, можно констатировать о негативной динамике производства продукции агропромышленного комплекса. На сегодняшний день в Якутии крупный рогатый скот, в основном, содержится в примитивных строениях – «хотонах», которые в силу своих конструктивных особенностей исключают установки в них современного технологического оборудования. Ввиду отсутствия подстилочных материалов (соломы, опилок), скот содержится бесподстилочно. Производимый бесподстилочный навоз формируют в брикеты и вывозят на близлежащие поля или другие открытые участки. В климатических условиях Якутии навоз, вывезенный в осенний и зимний периоды на поля, за короткое лето не успевает оттаять, в результате чего начинает выступать в качестве серьезной помехи в процессе обработки почвы. А кучи, вывезенные в близлежащие открытые участки, превращаются в места скопления грызунов и хранилище семян сорных растений. Таким образом, назрела необходимость разработки и внедрения технологии для утилизации твердой массы бесподстилочного навоза.

Ключевые слова: технология утилизации, крупный рогатый скот, органические отходы, твердый бесподстилочный навоз, переработка, пиролизная технология, пиролизный газ, математическая зависимость

Для цитирования: Спиридонова А. В., Друзьянова В. П. Математическое описание процесса пиролиза твердого бесподстилочного навоза // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 196–203. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-196-203.

Mathematical description of the pyrolysis process of solid litterless manure**Anastasiya V. Spiridonova¹, Varvara P. Druzianova²**^{1,2} North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Sakha Republic (Yakutia), Yakutsk, Russia¹ Oktemsky Branch of the Arctic State Agrotechnological University, Sakha Republic (Yakutia), Oktemtsy, Russia¹ Savadf0706@mail.ru, ² druzvar@mai.ru

Abstract. The results of the production of agricultural farms are not only livestock products, but also organic waste, such as litterless cattle manure. Currently, the consequences of the lack of manure disposal systems in the agrarian sector of Yakutia cause colossal environmental damage. Low ambient temperatures contribute to the effective conservation of harmful, malignant microflora and weed seeds in the manure content. Permafrost also affects – in the spring, when the earth swells, the waste on the surface is actively spread away by melt water, and subsequently pollute low-lying lands and open waters. The Republic of Sakha (Yakutia) is characterized by significant volumes of land resources. However, there is not enough land suitable for agricultural development. Based on statistical data of the crop and livestock results over the past few years, we can state the negative dynamic production of the agro-industrial complex. To date in Yakutia, cattle are mainly kept in primitive structures for livestock of the national type – «khotons», which, due to their structural features, do not allow technological equipment to be installed in them. The produced litterless manure is formed into briquettes and transported to nearby fields or other open areas. In the climatic conditions of Yakutia, manure transported to the fields in autumn and winter does not have time to thaw in a short summer, as a result of which it begins to act as a serious obstacle to the soil cultivation process. Manure piles, taken to nearby open areas, turn into places of rodent swarm and weed seed storage. Thus, there is a need to develop and introduce technology for the disposal of solid mass of litterless manure.

Keywords: utilization technology, cattle, organic waste, solid litterless manure, processing, pyrolysis technology, pyrolysis gas, mathematical dependence

For citation: Spiridonova A. V., Druzianova V. P. Mathematical description of the pyrolysis process of solid litterless manure. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 196–203. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-196-203.

Введение. В аграрном секторе Якутии производимый бесподстилочный навоз животных не перерабатывается и не обеззараживается, отсутствуют технологии по его утилизации. Ввиду того, что частные фермы локализованы в местах поселения, то в данное время села опоясаны хаотично стаскиваемыми кучами твердого навоза. Наносится огромный вред окружающей среде, создаются благоприятные условия для сохранения семян сорных растений, возбудителей различных болезней и размножения мелких грызунов. Из года в год агрессивные кучи засохшего твердого необеззараженного навоза возрастают. Происходит разрушающее воздействие необработанного бесподстилочного навоза на хрупкую природу Якутии, обостряемое обратной реакцией вечной мерзлоты [5, 12, 13].

Проведённые теоретические исследования позволили наметить пути решения данной проблемы путём внедрения новых технологических решений.

Количество крупного рогатого скота, лошадей, свиней, оленей в Республике Саха (Якутия) на конец 2020 г. составляет 540 тыс. голов. Они ежедневно образуют органические отходы в виде навоза. Известно, что одна тонна свежего навоза поглощает в сутки до пяти тонн кислорода,

а при использовании необеззараженного навоза в виде удобрения в почву вносится до 14 млн. семян сорных растений, в атмосферу выбрасывается ощутимый объём углекислого газа и метана. Естественное перепревание навоза в условиях Якутии происходит в течение 36–48 месяцев.

Чтобы стабилизировать, и в перспективе, улучшить экологическую ситуацию в Республике Саха (Якутия), предлагается внедрить наиболее подходящую в данном случае пиролизную технологию утилизации твердого бесподстилочного навоза крупного рогатого скота.

Следует отметить, что пиролизная технология позволит улучшить экологию за счет утилизации навоза в зольное удобрение, содержащее доступные и легкорастворимые растениями калий, кальций, фосфор, серу, магний, марганец, бор, и другие микро- и макроэлементы.

Наравне с вышеназванным эффектом, внедрение установок пиролиза даёт возможность получать альтернативное топливо в виде пиролизного газа, который можно сжигать напрямую в котлах отопления или же преобразовывать в моторное топливо или электрическую энергию. Соответственно, фермеры могут создавать независимое автономное производство.

В работе обоснована эффективность использования данной технологии с получением сопутствующего продукта (пиролизного газа), являющегося альтернативным источником энергии.

Методика исследований. Используются эмпирические и теоретические методы исследования, которые базируются на экспериментальных данных и известных положениях системного анализа, математического моделирования. В исследовательской деятельности применён математический аппарат линейного программирования, дифференциального и интегрального исчисления. Полученные в ходе проведения экспериментов результаты подвергнуты обработке в соответствии с современными методами теории вероятностей, математической статистики и перспективного планирования экспериментальных исследований с применением специализированных программ.

Результаты и обсуждение. Пионером по изучению и внедрению пиролизной технологии в России является Александр Александрович Летний. После него данной технологией занимались В. В. Бакаев, Ю. Ю. Косивцов, В. Г. Бондалетов, И. П. Добровольский, В. В. Копытов, Т. Н. Шахта-

тинский, Ч. Ш. Ибрагимов, З. А. Мамедов, Ф. В. Юсубов, Н. В. Кельцев, В. А. Глушков и др. [1–4, 6, 7, 9, 11].

Однако вышеприведённые виды пиролизной технологии направлены на получение жидкого альтернативного топлива, и имеют в своем составе сложные устройства и оборудование. Они весьма внушительны по своим габаритам и требуют специальных помещений, значительных площадей, сооружения автономных электростанций. В этой связи исключается возможность внедрения данных технологий в аграрный сектор Якутии.

В животноводстве республики преобладают малые фермерские хозяйства. Поэтому, малогабаритная и мобильная технология В. А. Глушкова как нельзя лучше подходит для внедрения (рис. 1). Данная разработка отмечена Золотой медалью Российской академии наук в 2009 г. Она позволяет полностью разлагать твердые растительные вещества (биомассы) с получением смеси газов, пригодных для использования в качестве альтернативного топлива: в системах отопления помещений, при приготовлении пищи и как моторное топливо [3].

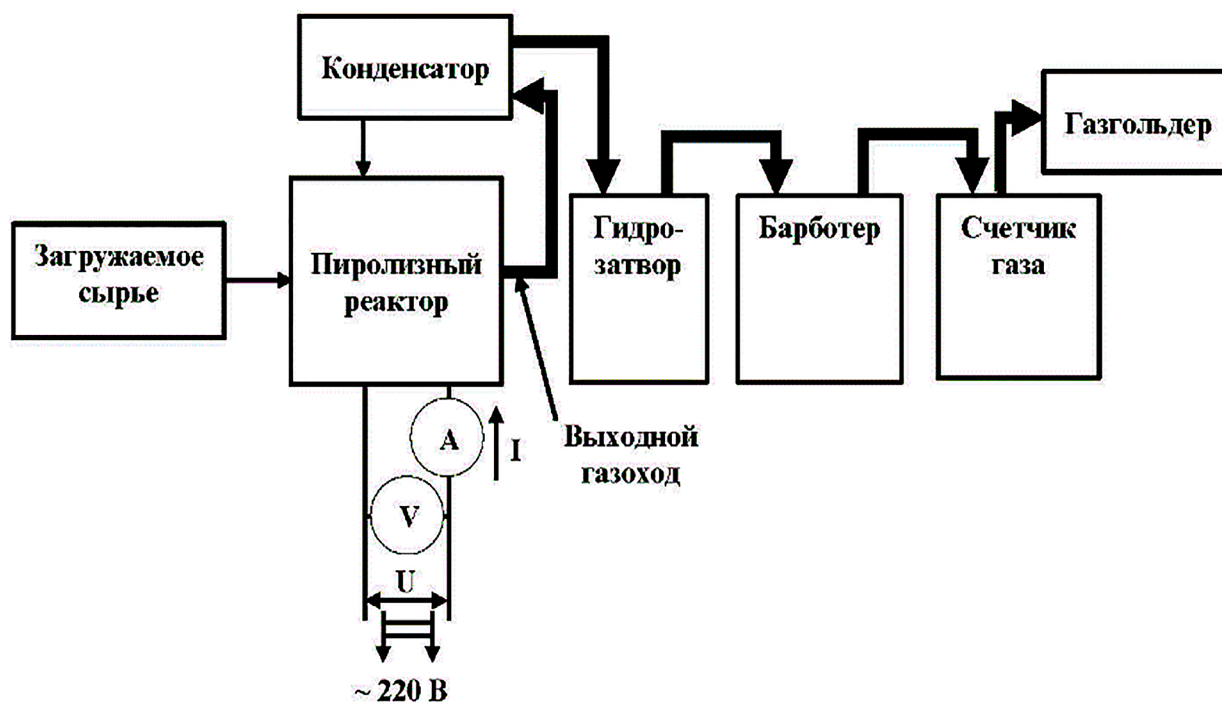


Рисунок 1 – Принципиальная схема пиролизной технологии В. А. Глушкова

Известные модели процесса пиролиза, разработанные учёными зарубежных стран, используются для расчёта состава продуктов пиролиза углеводородного сырья на промышленных производствах [8].

Так, учёные известной нидерландской фирмы разработали методологию с использованием программы моделирования пиролизных печей *SPYRO* для проектирования печей по заказу.

Программа моделирует процесс пиролиза различного углеводородного сырья от этана до лигроина. Кинетическая модель включает механизм из двух тысяч реакций [10].

Таким образом, можно констатировать, что существующие в настоящее время математические модели процесса пиролиза:

1. Применимы для описания химических реакций, протекающих внутри пиролизной установки при утилизации углеводородного сырья.

2. Модель В. А. Глушкова описывает процесс утилизации растительного сырья (биомассы) и подходит для адекватного описания процесса пиролиза твёрдого бесподстилочного навоза.

Нами изучены математические модели пиролизного процесса. Обнаружено, что подавляющее количество моделей описывают химический процесс, протекающий в тех или иных реакторах. На сегодняшний день только модель В. А. Глушкова описывает технологический процесс пиролиза. Данная модель процесса пиролиза в установившемся режиме имеет вид в соответствии с формулой (1):

$$Q(m) = K_n \cdot t \quad (1)$$

где $Q(m)$ – требуемое количество энергии, Вт·мин;

K_n – коэффициент пиролиза сырья при установившейся температуре в термореакторе на уровне 3 000 °С;

t – масса твёрдого отхода, г.

Коэффициент пиролиза (K_n) получен и обоснован В. А. Глушковым и применяется при описании процесса пиролизной утилизации отхода в виде твёрдой биомассы. Его значение составляет 605,7. При переводе минут в секунды значение

коэффициента пиролиза при применении формулы (1) составит 0,16.

Следует отметить, что данная модель учитывает только массу утилизируемого сырья, а такой значимый параметр, как влажность, игнорируется. В связи с этим, предлагаем внести коррективы.

Известно, что масса – это физическая величина, которая является мерой инертности тела и выражается формулой (2):

$$m = \rho \cdot V \quad (2)$$

где ρ – плотность пиролиза, кг/м³;
 V – объём пиролизного газа, м³.

Сырьё примем за твердое сыпучее вещество и для определения его объёма будем пользоваться формулой для прямого кругового цилиндра (3):

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (3)$$

где r^2 – радиус термореактора, м;

h – высота заполнения термореактора, м.

С учетом формул (2) – (3) записываем выражение массы формулой (4):

$$m = \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (4)$$

Известно, что относительная или рабочая влажность (W_p) любого материала определяется по следующей формуле (5) [13]:

$$W_p = \frac{m - m_0}{m} \cdot 100 \quad (5)$$

где m – масса образца во влажном состоянии, г;

m_0 – масса того же образца, высушенного до постоянного значения, г.

Тогда массу образца во влажном состоянии можно определить по формуле (6):

$$m = \frac{(m - m_0) \cdot 100}{W_p} \quad (6)$$

Приравняем формулы (4) и (6), и выразим массу через влажность, плотность и объём:

$$m = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h \cdot \rho \cdot W_p}{100} + m_0 \quad (7)$$

С учетом равенства (7) уравнение (1) примет вид формулы (8):

$$Q(m) = 0,16 \cdot \left(\frac{\pi \cdot r^2 \cdot h \cdot \rho \cdot W_p}{100} + m_0 \right) \quad (8)$$

Таким образом, получена зависимость, описывающая процесс пиролиза и позволяющая рассчитывать требуемый расход энергии на перерабатываемую массу сырья с учетом его объема и влажности.

Основываясь на предварительно полученной формуле (8), нами построен график зависимости требуемого количества энергии на утилизацию твердого отхода в зависимости от влажности сырья. Плотность пиролизного газа составляет 0,65–0,85 кг/м³. Радиус термореактора – 0,5 м, высота наполнения бесподстилочного твердого навоза в термореакторе – 0,3 м.

Анализируя полученную зависимость можно сделать вывод, что с повышением влажности сырья объем получаемой энергии снижается (рис. 2).

Заключение. Существующие математические модели, описывающие

процесс пиролиза носят аналитический характер и их практическое применение затруднительно. Они применимы для описания химических реакций, протекающих внутри пиролизной установки и разработаны для процесса пиролиза углеводородного сырья.

На наш взгляд, после необходимых модификаций, модель В. А. Глушкова, описывающую процесс утилизации растительного сырья, можно применить для описания процесса пиролиза твердого бесподстилочного навоза.

В результате, получена зависимость, описывающая процесс пиролиза для установки Глушкова, позволяющая рассчитывать требуемый расход энергии на перерабатываемую массу твердого бесподстилочного навоза с учетом его объема и влажности. В формуле использован коэффициент пиролизации сырья (0,16) по В. А. Глушкову при установившейся температуре в термореакторе 3000 °С.

Основными факторами, при помощи которых обеспечивается управление процессом пиролиза являются:

- 1) влажность твердого навоза;
- 2) высота наполнения твердого навоза в термореакторе (соответственно, фактор заполнения термореактора и размеры фракции навоза);
- 3) радиус термореактора, то есть процесс пиролиза самого термореактора.

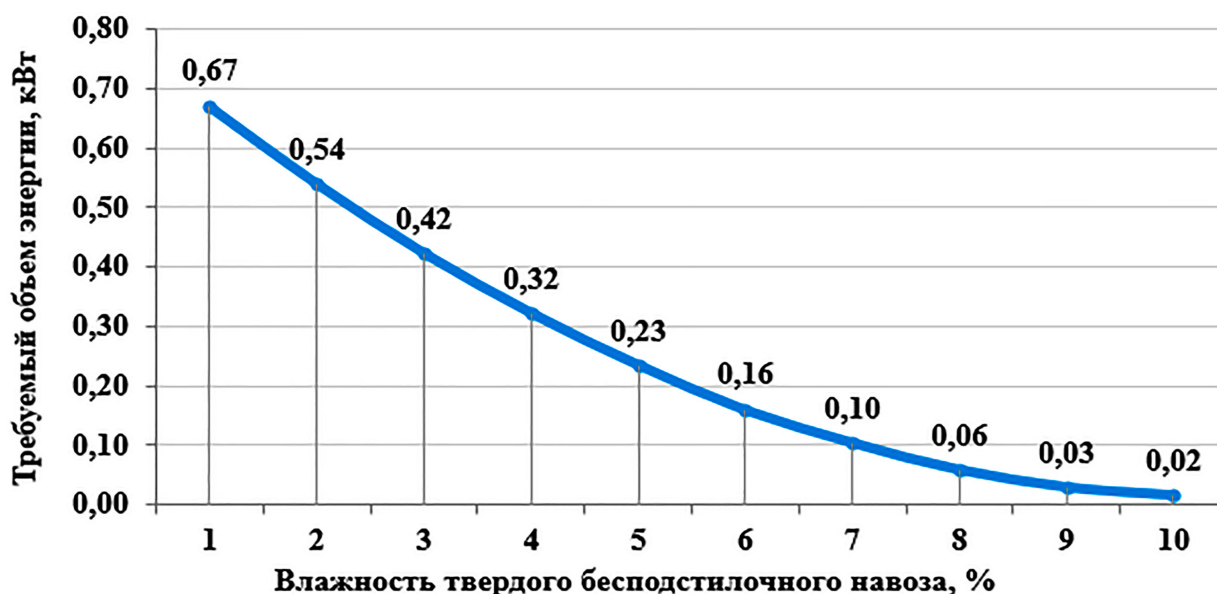


Рисунок 2 – График зависимости требуемого количества энергии на утилизацию твердого отхода в зависимости от влажности сырья

Список источников

1. Бакаев В. В. Моделирование систем управления сложными технологическими объектами на примере пиролизной установки : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Комсомольск-на-Амуре, 2002. 19 с.
2. Бондалетов В. Г. Комплексная переработка жидких продуктов пиролизных производств этилена и пропилена : автореф. дис. ... докт. техн. наук. Казань, 2014. 38 с.
3. Глушков В. А. Разработка и исследование автоматизированной установки пиролиза растительного сырья с целью повышения выхода топливного газа : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ижевск, 2006. 16 с.
4. Добровольский И. П., Васильев О. В. Перспективные методы очистки пиролизного газа от низкопроцентных токсичных примесей // Технические науки. 2012. № 5 (5). С. 77–80.
5. Евтеев В. К., Друзьянова В. П. Особенности механизации животноводства в Республике Саха (Якутия) // Актуальные проблемы АПК : материалы регион. науч.-практ. конф. (Иркутск, 4 октября 2001 г.). Иркутск : Иркутский государственный университет, 2001. С. 14–15.
6. Копытов В. В. Пиролиз и перспективы газификации твердых топлив // Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ. 2011. № 3 (8). С. 158.
7. Косивцов Ю. Ю. Низкотемпературный каталитический пиролиз органического сырья : автореф. дис. ... докт. техн. наук. М., 2011. 32 с.
8. Малыхин В. В. Математическое моделирование : учебное пособие. М. : Университет Российской академии образования, 1998. 160 с.
9. Мамедов З. А. Оптимизация безрециркуляционного процесса пиролиза этана с бутан-изобутиленовой фракцией в промышленной печи // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2018. № 1. С. 77–85.
10. Матвеев А. Н. Механика и теория относительности : учебник. М. : ОНИКС XXI век, 2003. 432 с.
11. Оптимальный позонный подвод топливного газа к змеевику этановой пиролизной печи / Т. Н. Шахтактинский, А. М. Алиев, А. З. Таиров [и др.] // Теоретические основы химической технологии. 2010. № 6 (44). С. 698–704.
12. Спиридонова А. В., Друзьянова В. П., Рожина М. Я. Обеспечение экологической безопасности в сельскохозяйственном производстве // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 11. С. 84–88.
13. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия) : сайт. URL: <https://sakha.gks.ru> (дата обращения 01.02.2021).
14. Хафизов И. Ф., Мусин Р. Р. Современные тенденции развития процесса пиролиза // Вестник Казанского технологического университета. 2015. № 2. С. 231–234.

References

1. Bakaev V. V. Modelirovaniye sistem upravleniya slozhnymi tekhnologicheskimi ob"ektami na primere piroliznoy ustanovki [Modeling a control system for complex technological objects by the example of a pyrolysis plant]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Komsomol'sk-na-Amure, 2002, 19 p. (in Russ.).
2. Bondaletov V. G. Kompleksnaya pererabotka zhidkih produktov pirolznyh proizvodstv etilena i propilena [Complex processing of liquid products of ethylene and propylene pyrolysis units]. *Extended abstract of doctor's thesis*. Kazan', 2014, 38 p. (in Russ.).
3. Glushkov V. A. Razrabotka i issledovanie avtomatizirovannoy ustanovki piroliza rastitel'nogo syr'ya s tsel'yu povysheniya vyhoda toplivnogo gaza : [Development and research of

an automated plant for pyrolysis of plant raw materials in order to increase the yield of fuel gas]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Izhevsk, 2006, 16 p. (in Russ.).

4. Dobrovol'skiy I. P., Vasil'ev O. V. Perspektivnye metody oчитki piroliznogo gaza ot nizkoprotsentnykh toksichnykh primesey [Promising methods for cleaning pyrolysis gas from low-percentage toxic impurities]. *Tekhnicheskie nauki. – Technical sciences*, 2012; № 5 (5): 77–80 (in Russ.).

5. Evteev V. K., Druzianova V. P. Osobennosti mekhanizatsii zhivotnovodstva v Respublike Sakha (Yakutiya) [Features of mechanization of animal husbandry in the Republic of Sakha (Yakutia)]. Proceedings from Actual problems of the agro-industrial complex: *Regional'naya nauchno-prakticheskaya konferenciya (4 oktyabrya 2001 g.) – Regional Scientific and Practical Conference*. (PP. 14–15), Irkutsk, 2001 (in Russ.).

6. Kopytov V. V. Piroliz i perspektivy gazifikatsii tverdykh topliv [Pyrolysis and Prospects for Gasification of Solid Fuels]. *Promyshlennyye i otopitel'nyye kotel'nyye i mini-TETS. – Industrial and heating boilers and mini-CHP*, 2011; 3 (8): 158 (in Russ.).

7. Kosivtsov Iu. Iu. Nizkotemperaturnyy kataliticheskii piroliz organicheskogo syr'ia [Low-temperature catalytic pyrolysis of organic raw materials]. *Extended abstract of doctor's thesis*. Moskva, 2011, 32 p. (in Russ.).

8. Malyhin V. V. *Matematicheskoe modelirovanie: uchebnoe posobie [Mathematical modeling: textbook]*, Moskva, Universitet Rossijskoj akademii obrazovaniya, 1998, 160 p. (in Russ.).

9. Mamedov Z. A. Optimizatsiya bezretsirkulyatsionnogo protsessa piroliza etana s butan-izobutilenovoy fraktsiyei v promyshlennoy pechi [Optimization of recirculation-free pyrolysis of ethane with butane-isobutylene fraction in an industrial furnace]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Himicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya. – Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Chemical technology and biotechnology*, 2018; 1: 77–85 (in Russ.).

10. Matveev A. N. *Mekhanika i teoriya otnositel'nosti: uchebnyy [Mechanics and theory of relativity: textbook]*, Moskva, ONIKS 21 vek, 2003, 432 p. (in Russ.).

11. Shahtahtinskiy T. N., Aliev A. M., Tairov A. Z., Guseynova A. M., Ismailov N. R. Optimal'nyy pozonnyy podvod toplivnogo gaza k zmeeviku etanovoy piroliznoy pechi [Optimal zone fuel gas supply to the coil of the ethane pyrolysis furnace]. *Teoreticheskie osnovy himicheskoy tekhnologii. – Theoretical foundations of chemical technology*, 2010; 6 (44): 698–704 (in Russ.).

12. Spiridonova A. V., Druz'yanova V. P., Rozhina M.Ya. Obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti v sel'skohozyaystvennom proizvodstve [Ensuring environmental safety in agricultural production]. *Nauchno-tekhnicheskyy vestnik Povolzh'ya. – Scientific and Technical Bulletin of the Volga region*, 2018; 11: 84–88 (in Russ.).

13. Territorial'nyy organ Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Respublike Saha (Yakutiya) [Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Republic of Sakha (Yakutia)]. *sakha.gks.ru* Retrieved from <https://sakha.gks.ru> (Accessed 1 February 2021) (in Russ.).

14. Hafizov I. F., Musin R. R. Sovremennyye tendentsii razvitiya protsessa piroliza [Modern trends in the development of the pyrolysis process]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – Bulletin of Kazan Technological University*, 2015; 2: 231–234 (in Russ.).

© Спиридонова А. В., Друзьянова В. П., 2021

Статья поступила в редакцию 12.10.2021; одобрена после рецензирования 20.11.2021; принята к публикации 08.12.2021.

The article was submitted 12.10.2021; approved after reviewing 20.11.2021; accepted for publication 08.12.2021.

Информация об авторах

Спиридонова Анастасия Валериевна, старший преподаватель кафедры эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, Savadf0706@mail.ru;

Друзьянова Варвара Петровна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова; профессор Октемского филиала Арктического государственного агротехнологического университета, druzvar@mail.ru

Information about the authors

Anastasiya V. Spiridonova, Senior Lecturer of the Department of Operation of Road Transport and Car Service, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Savadf0706@mail.ru;

Varvara P. Druzianova, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Operation of Road Transport and Car Service, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov; Professor of the Oktemsky Branch of the Arctic State Agrotechnological University, druzvar@mail.ru

ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК»

Редакция журнала принимает статьи по следующим научным специальностям и соответствующим отраслям наук:

- 05.20.01** – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки);
- 06.01.01** – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки);
- 06.01.05** – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки);
- 06.01.07** – Защита растений (сельскохозяйственные науки);
- 06.02.01** – Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных (ветеринарные науки);
- 06.02.08** – Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технологии кормов (сельскохозяйственные науки);
- 06.02.09** – Звероводство и охотоведение (биологические науки)

Статьи должны содержать результаты неопубликованных законченных научных исследований, предназначенные для использования в практической работе специалистами сельского хозяйства, либо представлять для них познавательный интерес.

В статье, представляемой в вышеуказанный раздел должны сжато и четко излагаться современное состояние вопроса, описание методики исследования и обсуждение полученных данных. Заглавие статьи должно полностью отражать ее содержание.

Основной текст экспериментальных статей необходимо структурировать, используя подзаголовки соответствующих разделов: методика, результаты и обсуждение, заключение или выводы, список литературы.

Печатный оригинал статьи должен содержать УДК статьи, название, фамилии и инициалы авторов, их ученые степени и звания (при наличии), ключевые слова, аннотацию (ГОСТ Р 7.0.99-2018).

Рекомендуемый объем аннотации 1000–2000 знаков (200–250 слов). В начале не повторяется название статьи. Структура реферата кратко отражает структуру работы. Вводная часть минимальна. Место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов содержит конкретные сведения (выводы, рекомендации и т.п.).

Авторы представляют (одновременно):

– **статью** объемом не более 15 страниц машинописного текста через двойной интервал в печатном виде – 2 экземпляра, без рукописных вставок, на одной стороне стандартного листа формата А4, подписанную на последнем листе второго экземпляра всеми авторами или сопроводительное письмо за подписью руководителя организации (учреждения), в которой работает автор(ы), представляющий статью;

– **иллюстрации** к статье (при наличии) представляются в электронном виде, в стандартных графических форматах; линии графиков и рисунков в файле должны быть сгруппированы; таблицы – в редакторе MS Word или MS Excel, диаграммы – только в MS Excel, формулы – в стандартном редакторе формул MS Equation.

– **сведения об авторе** (ах) (на отдельном листе или в конце статьи) в произвольной форме в печатном виде: Ф.И.О., место работы, должность, ученое звание, степень, контактную информацию (телефон, e-mail, почтовый адрес для отправки печатной версии журнала);

– желательно – фотографии автора (ов) любого формата (либо электронным файлом в стандартных графических редакторах на магнитных или лазерных носителях, либо по вышеуказанным адресам e-mail);

Список литературы должен быть оформлен согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008 в виде общего списка в алфавитном порядке, в тексте указывается ссылка с номером в квадратных скобках.

Пакет документов в соответствии с требованиями журнала, направляется в электронном виде на почту редакции журнала **DVagrovestnik@dalgau.ru**.

Оригиналы документов направляются почтой в адрес редакции журнала.

Оригиналы статей, электронные носители и фотографии автору не возвращаются.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, каб. 301,

редакция журнала «Дальневосточный аграрный вестник»;

тел. (факс) (4162)995127

тел. (4162)995115 – главный редактор; e-mail: tikhonchukp@rambler.ru;

тел. (4162)995147 – редакция журнала; e-mail: DVagrovestnik@dalgau.ru

THE REQUIREMENTS APPLIED TO THE ARTICLES BEING PUBLISHED IN THE FAR EASTERN AGRARIAN HERALD

The Editorial Board invites researchers to submit their articles for publication on the following specialties and branches of science:

05.20.01 - Agricultural Mechanization Engineering (Technical Sciences)

01.06.01 - General Agriculture and Plant Cultivation (Agricultural Sciences)

01.06.05 - Selection and Seed Farming of Agricultural Plants (Agricultural Sciences)

01.06.07 - Plant Protection (Agricultural Sciences)

06.02.01 - Animal Disease Diagnostics, Animal Therapy, Pathology, Oncology and Animal Morphology (Veterinary Sciences)

06.02.08 - Forage Production, Farm Animal Feeding and Forage Technology (Agricultural Sciences)

06.02.09 - Commercial Breeding of Fur Animals and Game Management (Biological Sciences)

The article presented in the above mentioned part must in concise and precise form give a modern state of the question, description of the methods and discussion of the obtained data. The heading of the article must completely reflect its content.

The main text of experimental articles should be structured with the use of subtitles of the correspondent parts: methods, results and discussion, conclusions, list of literature.

The printed article original must contain UDC (Universal Decimal classification) of the article, name, surnames and initials of the authors, their academic degrees and statuses (if there are any), key words, abstract (GOST R 7.0.99-2018).

The recommended volume of an abstract is 1000 – 2000 characters (200 – 250 words). In the beginning of the abstract the name of the article shall not be repeated. The structure of the abstract shall concisely reflect the structure of article. The preface is minimal. The place of research shall be detailed up to region. The statement of the results shall contain concrete information (conclusions, recommendations and so on).

The authors shall present (at one time):

– **the article**, volume is within 15 typescript pages, double spacing in printed form – 2 copies without manuscript notes, on one side of the standard sheet, size A4, signed on the last sheet of the second copy by all the authors or covering letter signed by the head of the organization where the author (authors) of the article works;

– **illustration** for an article (if available) shall be presented in e-copy form in standard graphic formats; the lines and drawings in the file must be grouped; tables – in MS Word or MS Excel, diagrams – only in MS Excel, formulas – in the standard formula editor MS Equation.

– **information about author** (authors) (on the separate sheet or in the end of the article) in free printed form: name and given names, place of employment, position, academic status, degree, contact information (telephone, e-mail, postal address for sending printed version of the journal);

– advisable – author (s) photos of any size (or e-file in standard graphic editors on magnetic or laser medium to the above said e-mail addresses);

The list of literature must be arranged in accordance with GOST R 7.0.5-2008 as a general list in alphabetic order, the References with number shall be indicated in the text in the square brackets.

A package of documents in accordance with the requirements of the journal is sent electronically to the post office of the journal **DVagrovestnik@dalgau.ru**.

Original documents are sent by mail to the editorial office.

Article originals, e-copies and photos shall not be returned to the authors.

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

86, Polytechnicheskaya Str., Blagoveshensk, Amur Region, 675000, editorial office of the Journal «Far East Agrarian Herald»;

Tel. (fax): (4162)995127

Tel. (4162) 995115 – Editor-in-Chief; e-mail: tikhonchukp@rambler.ru;

Tel. (4162) 995147 – Editorial Office; e-mail: DVagrovestnik@dalgau.ru

