

Тихончук П. В., председатель редакционного совета, главный редактор, д-р с.-х. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск
Науменко А. В., заместитель главного редактора, канд. с.-х. наук, проректор по научной работе ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск
Овчинникова О. Ф., ответственный секретарь, ст. преподаватель кафедры экономики АПК ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск

Редакционный совет:
Асеева Т. А., д-р с.-х. наук, чл.-корр. РАН, директор ФГБНУ ДВ НИИСХ, с. Восточное, Хабаровский край;
Белко А. А., канд. вет. наук, доцент, проректор по научной работе УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», Республика Беларусь;
Владимиров Л. Н., д-р биол. наук, профессор, чл.-корр. РАН, Заслуженный деятель науки РФ и Республики Саха (Якутия), Президент Академии наук Республики Саха (Якутия), г. Якутск;
Друзьянова В. П., д-р техн. наук, профессор, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, г. Якутск;
Емельянов А. Н., канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр., директор ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки», г. Уссурийск;
Клюков А. Г., д-р биол. наук, профессор, академик РАН, зав. отделом селекции и биотехнологии с.-х. культур, ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки», г. Уссурийск;
Комин А. Э., канд. с.-х. наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, г. Уссурийск
Ли Хунпэн, д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр., Хейлуцзянская академия сельскохозяйственных наук, Китайская Народная Республика;
Остякова М. Е., д-р биол. наук, доцент, директор ФГБНУ ДальЗНИВИ, г. Благовещенск;
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, г. Благовещенск;
Тихонов С. Л., д-р техн. наук, профессор кафедры пищевой инженерии аграрного производства ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», г. Екатеринбург;
Хамзаева И. С., д-р техн. наук, профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», г. Улан-Удэ;
Хан Тианфу, д-р наук (PhD), профессор, Китайская академия сельскохозяйственных наук, Институт растениеводства, Китайская Народная Республика;
Чабаев М. Г., д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, Московская область

Редакционная коллегия:
Громов И. Н., д-р вет. наук, профессор, заведующий кафедрой патологической анатомии и гистологии, УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», Республика Беларусь;
Захарова Е. Б., д-р с.-х. наук, доцент кафедры общего земледелия и растениеводства ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Ключникова Н. Ф., д-р с.-х. наук, заместитель директора по научной работе ФГБНУ ДВ НИИСХ, с. Восточное, Хабаровский край;
Кухаренко Н. С., д-р вет. наук, профессор кафедры патологии, морфологии и физиологии ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Миллер Т. В., канд. биол. наук, доцент кафедры патологии, морфологии и физиологии ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Овчинников А. А., д-р с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой кафедры кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск;
Решетник Е. И., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Темираев Р. Б. – д-р с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой биологии ФГБОУ ВО Горский государственный аграрный университет, г. Владикавказ;
Труш Н. В., д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры биологии и охотоведения ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Туаева Е. В., д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, Московская область;
Шарвадзе Р. Л., д-р с.-х. наук, профессор, декан факультета ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологий ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Шишлов С. А., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, г. Уссурийск;
Щитов С. В., д-р техн. наук, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск

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)
Запись о регистрации
ПИ № ФС 77-78057
27.03.2020

Подписной индекс
в Объединенном каталоге
«ПРЕССА РОССИИ»
94054 (полугодовая);
Онлайн подписка:
[https://www.pressa-ru/cat/1/
edition/194054/](https://www.pressa-ru/cat/1/edition/194054/)

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 № 1062
по состоянию на 20.02.2024)**

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 style="text-align: center;">Ministry of Agriculture of the Russian Federation Far Eastern State Agrarian University FAR EASTERN AGRICULTURAL JOURNAL Scientific and Practical Journal Issued since 2007. Issued quarterly</p>	<p style="text-align: center;">Vol. 18. No. 1 January – March 2024</p>
<p>P. V. Tikhonchuk, Chairman of Drafting Committee, Editor-in-Chief, Dr. Agr. Sci., Professor, Rector of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk A. V. Naumenko, Deputy Editor-in-Chief, Cand. Agr. Sci., Vice-rector for Scientific Work of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk O. F. Ovchinnikova, Executive Secretary, Senior Teacher of the Department of Agro-Industrial Complex Economics, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk 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, Vostochnoye, Khabarovsk krai; A. A. Belko, Cand. Veterinar. Sci., Associate Professor, Vice-Rector for Scientific Work, Educational Establishment "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine of the Order of "The Badge of Honor", Republic of Belarus; L. N. Vladimirov, Dr. Biol. Sci., Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honoured Scientist of Russia and Sakha Republic (Yakutia), President of the Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk; V. P. Druzyanova, Dr. Tech. Sci., Professor, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Yakutsk; 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, Ussuriysk; A. G. Klykov, Dr. Biol. Sci., Professor, Academician 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, Ussuriysk; A. E. Komin, Cand. Agr. Sci., Assistant Professor, Rector of the Primorsky State Agrarian and Technological University, Ussuriysk; Li Hongpeng, Dr. Agr. Sci., Senior Researcher, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, China; M. E. Ostyakova, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Director of the Far Eastern Areal Research Veterinary Institute, Blagoveshchensk; 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, Blagoveshchensk; S. L. Tikhonov, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Food Engineering of Agricultural Production, Ural State Agrarian University, Yekaterinburg; I. S. Khamagaeva, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Technology of Animal Products of the East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude; Tianfu Han, PhD, Professor, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Institute of Crop Science, China; M. G. Chabaev – Dr. Agr. Sci., Professor, Chief Researcher of the Department of Farm Animal Feeding of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Dubrovitsy, Moscow region Editorial Board: I. N. Gromov, Dr. Veterinar. Sci., Professor, Head of the Department of Pathological Anatomy and Histology, Educational Establishment "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine of the Order of "The Badge of Honor", Republic of Belarus; E. B. Zakharova, Dr. Agr. Sci., Associate Professor of the Department of General Agriculture and Plant Growing of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; N. F. Klyuchnikova, Dr. Agr. Sci., Deputy Director of Research of the Far Eastern Research Institute of Agriculture, Vostochnoye, Khabarovsk krai; N. S. Kukhareenko, Dr. Veterinar. Sci., Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; T. V. Miller, Cand. Biol. Sci., Associate Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; 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, Chelyabinsk; E. I. Reshetnik, Dr. Tech. Sci., Professor, Head of the Department of Agricultural Processing Technology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; R. B. Temiraev, Dr. Agr. Sci., Professor, Head of the Department of Biology of the Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz; N. V. Trush, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Professor of the Department of Biology and Hunting of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; E. V. Tuaeua, Dr. Agr. Sci., Leading Researcher of the Department of Feeding Farm Animals of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Dubrovitsy, Moscow region; R. L. Sharvadze, Dr. Agr. Sci., Professor, Dean of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; S. A. Shishlov, Dr. Tech. Sci., Professor, Primorsky State Agrarian and Technological University, Ussuriysk; S. V. Shchitov, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Transport-Energy Facilities and Mechanization of Agro-Industrial Complex of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk</p>	<p>Founder and Publisher – Far Eastern State Agrarian University</p> <p>Founder and Publisher Address: 675005, g. Blagoveshchensk, Amur Region, street Polytechnik, 86.</p> <p>Registered by Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media (Roskommadzor) Registration record ПН № ФС 77-78057 dated March 27, 2020</p> <p>Subscription Indices in the Catalogue "PRESS OF RUSSIA" 94054 (semi-annual); Online subscription: https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/i94054/</p> <p>The Journal is presented in the system of Russian Science Citation Index (RSCI) and on the platform of Scientific Electronic Library www.elibrary.ru</p> <p>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 № 1062 for February 20, 2024)</p> <p>Editorial office address: 86, Politekhnikeskaya 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</p>
<p style="text-align: center;">Format 60x90/8. Edition 600 copies. Order 75. Signing date 21.03.2024. Publication date 29.03.2024. Free price. Far Eastern State Agrarian University: 86, Politekhnikeskaya str., Blagoveshchensk, Amur Region, 675005 Printing house address: 86, Politekhnikeskaya str., Bldg. 1, Aud. 117, Blagoveshchensk, Amur Region, 675005</p> <p>ISSN 1999-6837 (Print), 2077-9089 (Online) © Far Eastern State Agrarian University, 2024</p>	

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ.....	5
<i>Аникина О. В., Ким И. В.</i> Создание и оценка новых генотипов картофеля с применением методов традиционной селекции	5
<i>Асеева Т. А., Зенкина К. В., Ломакина И. В.</i> Создание нового исходного материала яровой пшеницы в условиях Среднего Приамурья	16
<i>Медведева Д. А., Шульгина Л. В.</i> Исследование химического состава ягод актинидии аргута (<i>Actinidia arguta</i>), произрастающей в Приморском крае	26
<i>Терещенко С. А., Мудрова Л. Д.</i> Влияние свиного навоза жидкой фракции на формирование элементов продуктивности в агрофитоценозе озимого рапса.....	35
ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ.....	47
<i>Любченко Е. Н., Попова Д. А., Дьяченко М. Ю., Тимохова А. В.</i> Случай хронического отравления ртутью у кота при кормлении морской рыбой	47
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	57
<i>Анисимов Е. Е., Друзьянова В. П., Кириллин А. А.</i> Методика оценки эффективности механизации коневодства в условиях экстремально низких температур	57
<i>Головко А. Н., Бондаренко А. М.</i> Технологические аспекты очистки навозных стоков	65
<i>Медведев А. В.</i> Технология инфракрасной сушки жидких материалов	74
<i>Панасюк А. Н., Епифанцев В. В., Дегтярев Д. А.</i> Ограничения применения колесных тракторов в технологиях растениеводства по уплотняющему воздействию (в условиях Приамурья)	83
<i>Улитина Е. А., Валиева Ш. С., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В.</i> Разработка нового антимикробного пептида.....	91
<i>Шишилов С. А., Шишилов А. Н., Шишилов Д. С.</i> К вопросу деформационно-энергетической оценки состояния почвы при обработке.....	99
ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК».....	105

CONTENTS

AGRONOMY	5
<i>Anikina O. V., Kim I. V.</i> Creating and evaluating new potato genotypes using traditional breeding methods	5
<i>Aseeva T. A., Zenkina K. V., Lomakina I. V.</i> Creation of new source material of spring wheat in conditions of Middle Priamurye	16
<i>Medvedeva D. A., Shulgina L. V.</i> Research on chemical composition of <i>Actinidia arguta</i> berries growing in Primorsky krai	26
<i>Tereshchenko S. A., Mudrova L. D.</i> Effect of liquid fraction pig manure on productivity element formation in the agrophytocenosis of winter rapeseed	35
ANIMAL BREEDING AND VETERINARY	47
<i>Lyubchenko E. N., Popova D. A., Dyachenko M. Yu., Timokhova A. V.</i> Chronic mercury poisoning: a case in a cat when feeding sea fish.....	47
AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES	57
<i>Anisimov E. E., Druzyanova V. P., Kirillin A. A.</i> Methodology for assessing the efficiency of horse breeding mechanization under conditions of extremely low temperatures	57
<i>Golovko A. N., Bondarenko A. M.</i> Technological aspects of manure wastewater treatment.....	65
<i>Medvedev A. V.</i> Technology of infrared drying of liquid materials.....	74
<i>Panasyuk A. N., Epifantsev V. V., Degtyarev D. A.</i> Limitations of wheeled tractor applying in soil compaction technology in crop production under conditions of Priamurye.....	83
<i>Ulitina E. A., Valieva S. S., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V.</i> Development of new antimicrobial peptide.....	91
<i>Shishlov S. A., Shishlov A. N., Shishlov D. S.</i> On the issue of deformation and energy assessment of soil condition during tillage	99
THE REQUIREMENTS APPLIED TO THE ARTICLES BEING PUBLISHED IN THE FAR EASTERN AGRARIAN HERALD	109

АГРОНОМИЯ

AGRONOMY

Научная статья

УДК 635.2:631.52

EDN UNTVKE

DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-5-15

**Создание и оценка новых генотипов картофеля
с применением методов традиционной селекции****Оксана Васильевна Аникина¹, Ирина Вячеславовна Ким²**^{1,2} Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки
Приморский край, Тимирязевский, Россия¹ oksanavas1975@mail.ru, ² kimira-@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты сравнительной оценки коллекции сортов картофеля по хозяйственно ценным признакам. Выделенные генотипы включены в целенаправленное скрещивание. Получены и отобраны новые гибридные комбинации для селекции картофеля, характеризующиеся наличием важнейших показателей. Работа выполнена на коллекционно-селекционном участке Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, расположенном в с. Пуциловка Уссурийского района Приморского края. При выполнении исследований за основу приняты методики Федерального исследовательского центра картофеля имени А. Г. Лорха и Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова. Биохимический анализ клубней (содержание сухого вещества и крахмала) выполняли по методике удельного веса цифровыми весами PW-2050 (Великобритания); содержание белка, витамина С, редуцирующих сахаров проводили в лаборатории агрохимических анализов. В коллекционном питомнике изучалось 368 сортов картофеля российской и зарубежной селекции. В результате исследований выделены сорта с высокими показателями продуктивности (700 г/куст и более); ранним образованием товарной продукции на 70-й день после посадки (500 г/куст и выше); биохимическим показателям; столовым качествам (вкус 7,0–9,0 баллов); выходом полноценного картофеля (88,10 % и более) после длительного хранения (9 месяцев); пригодности к промышленной переработке. К указанным сортам отнесены Ариэль, Варяг, Жемчужина Камчатки, Кумач, Мерлот, Никулинский, Третьяковка, а также гибриды 4634-34 Крепыш × Vora Valley, 14-11-8, 17K10-2, 55-10-38. При участии выделенных источников получены гибридные комбинации, которые характеризуются культурной формой клубней и устойчивостью к болезням: Очарование × Регги, Чароит × Дарница, Чароит × Манифест, Барин × Регги, Очарование × Люкс, Королева Анна × Казачок, Аврора × Дарница, Ирбитский × Казачок. Полученные генотипы будут изучены по схеме селекционного процесса.

Ключевые слова: картофель, селекция, сорт, гибрид, гибридизация, продуктивность, биохимический состав

Для цитирования: Аникина О. В., Ким И. В. Создание и оценка новых генотипов картофеля с применением методов традиционной селекции // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 1. С. 5–15. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-5-15.

Original article

Creating and evaluating new potato genotypes using traditional breeding methods

Oksana V. Anikina¹, Irina V. Kim²^{1,2} Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, Primorsky krai, Timiryazevskii, Russian Federation¹ oksanavas1975@mail.ru, ² kimira-@mail.ru

Abstract. The paper presents a comparative evaluation of economically important traits of potato variety collection. Selected genotypes were included in directed crossbreeding. New hybrid combinations with the most significant parameters were created for potato breeding. The research was carried out in a breeding field plot of Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, Putsilovka, Ussuriysk district, Primorsky krai. The research was based on the methodology developed by Federal Potato Research Center named after A. G. Lorkh and the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov. The biochemical analysis of tubers (the content of dry matter and starch) was performed by the method of the specific weight using a digital scale PW-2050 (UK). The content of protein, vitamin C, and reduced sugars was determined by the Laboratory of Agrochemical Analysis. In a collection nursery 368 potato varieties of Russian and foreign breeding were studied. The conducted research allowed the selection of genotypes with high productivity indicators, biochemical parameters, taste qualities and processing profitable. Such genotypes included varieties Ariel, Varyag, Zhemchuzhina Kamchatki, Kumach, Merlot, Nikulinskii, Tretyakovka and hybrids 4634-34 Krepysh × Bora Valley, 14-11-8, 17K10-2, and 55-10-38. The selected genotypes were used to obtain hybrid combinations characterized by correct tuber shape and resistance to diseases: Ocharovanie × Reggi, Charoit × Darnitsa, Charoit × Manifest, Barin × Reggi, Ocharovanie × Lyuks, Koroleva Anna × Kazachok, Avrora × Darnitsa, and Irbitskii × Kazachok.

Keywords: potato, breeding, variety, hybrid, hybridization, productivity, biochemical composition

For citation: Anikina O. V., Kim I. V. Creating and evaluating new potato genotypes using traditional breeding methods. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;1:5–15. (in Russ.). doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-5-15.

Введение. Картофель – важнейшее культурное растение разнообразного использования [1]. Он входит в перечень основных социально значимых продовольственных продуктов в стране.

В промышленном секторе площади, занятые под этой культурой, выросли с 301,9 (2022 г.) до 305,0 тыс. га (2023 г.) [2]. При высокой культуре земледелия картофель является самым высокоурожайным и рентабельным [3]. Общий валовый сбор картофеля в агропромышленном секторе на октябрь 2023 г. составил 6,7 млн. тонн.

По сравнению с другими культурами, картофель содержит большое количество белка и богат витаминами [4], служит ценной сельскохозяйственной культурой, потребность в которой сохраняется кру-

глый год, поэтому важным аспектом в картофелеводстве является выведение сортов, не теряющих свойства в течение периода хранения, пригодных к переработке не только сразу после сбора урожая, но и в течение периода хранения [5].

Одной из главных проблем, с которой сталкиваются производители при переработке картофеля, выступает отсутствие необходимой сырьевой базы. Сорта, пригодные для приготовления фри и чипсов, преимущественно иностранной селекции, сырье и семена которых поставляются зарубежными странами [6].

Поэтому в решении современных проблем картофелеводства роль сортов возрастает. Они должны быть пластичны, давать высокие урожаи даже при воздей-

ствии неблагоприятных факторов, а также быть пригодными для современного интенсивного уровня их возделывания.

Важнейшим свойством сортов будущего является их адаптивность. Специфическая адаптивная способность – это свойство растения максимально утилизировать благоприятные условия среды (солнечную радиацию, длину дня, влагу и др.) и противостоять существующим в данной местности стрессам (болезням, вредителям, засухе, повышенной или пониженной температуре и др.). Наряду со специфической, сорта должны обладать и общей адаптивной способностью – реализовать потенциальную продуктивность при ежегодных изменениях погоды [7].

Муссонный климат на юге Дальнего Востока (Приморский край) крайне затрудняет ведение картофелеводства. Обильные дожди являются причиной наводнений, которые могут повторяться за летний период несколько раз [8]. С учетом специфики природно-климатических условий, необходимо создавать генотипы картофеля, устойчивые к стрессовым факторам, особенно к переувлажнению почвы. В связи с этим существует потребность в сортах раннего срока созревания.

Цель исследований – оценить коллекцию сортов картофеля по хозяйственно ценным признакам; выделенные генотипы включить в целенаправленные скрещивания; получить и отобрать перспективные гибридные комбинации и гибриды.

Условия, объекты и методика исследований. Работа выполнена на коллекционно-селекционном участке Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, расположенном в с. Пуциловка Уссурийского района Приморского края, в долине реки Казачка.

Посадку образцов в коллекционном питомнике осуществляли в первой декаде мая. Посев семян в теплице выполнялся 25 мая, пикировку – 21 июня, уборку селекционных питомников начали с 8 сентября. Вегетационный период у изучаемых сортообразцов составил 90–120 дней.

Почва опытных участков аллювиальная, легко-суглинистая, с содержанием: гумуса – 2,1–2,9 %; легкогидролизуе-

мого азота – 7,0–7,7 мг/100 г почвы; P_2O_5 и K_2O – 18,1–19,1 и 10,2–11,8 мг/100 г почвы соответственно; рН солевой вытяжки составляет 5,4–5,8.

Условия произрастания в 2023 г. были неблагоприятными для формирования картофеля, главным образом из-за неравномерного распределения и избыточного количества осадков в течении вегетации. В довсходовый период значение гидротермического коэффициента (ГТК) изменялось от 0,4 до 4,6; в послевсходовый период наблюдался избыток продуктивной влаги – уровень ГТК доходил до 10,2 (согласно данным метеостанции АМС «Тимирязевский») (рис. 1).

Условия произрастания по температурному фактору в начале онтогенеза превышали соответствующие среднемноголетние значения: в период прорастания и появления единичных всходов превышение составило 1,2–2,4 °С; массовых всходов – 1,9 °С; бутонизации – 2,9 °С.

В межфазный период «посадка – массовые всходы» гидротермический коэффициент составил 0,1–0,7, что негативно повлияло на появление всходов (рис. 2).

Дальнейшее развитие растений картофеля проходило на фоне повышенных температур воздуха и достаточной обеспеченности продуктивной влагой: условия произрастания менялись от очень влажных до избыточно влажных (значения ГТК от 2,0 до 4,6). Показатели температуры воздуха в межфазный период «налив клубней» на 1,2–4,2 °С превысили соответствующие среднемноголетние значения, при избыточном количестве осадков (ГТК составил от 5,2 до 10,2).

В период с 11 по 25 августа в крае произошло стихийное явление в виде тайфунов Ханун и Лан; сумма осадков за месяц составила 461,7 мм при среднемесячной норме 134,0 мм, что привело к сильным вымоканиям посадок картофеля.

Объектом исследований послужили сорта отечественной и зарубежной селекции, сортообразцы Федерального научного центра агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, Приморской овощной опытной станции, Камчатского НИИ сельского хозяйства, Магаданского НИИ сельского хозяйства, Федерального исследовательского центра картофеля

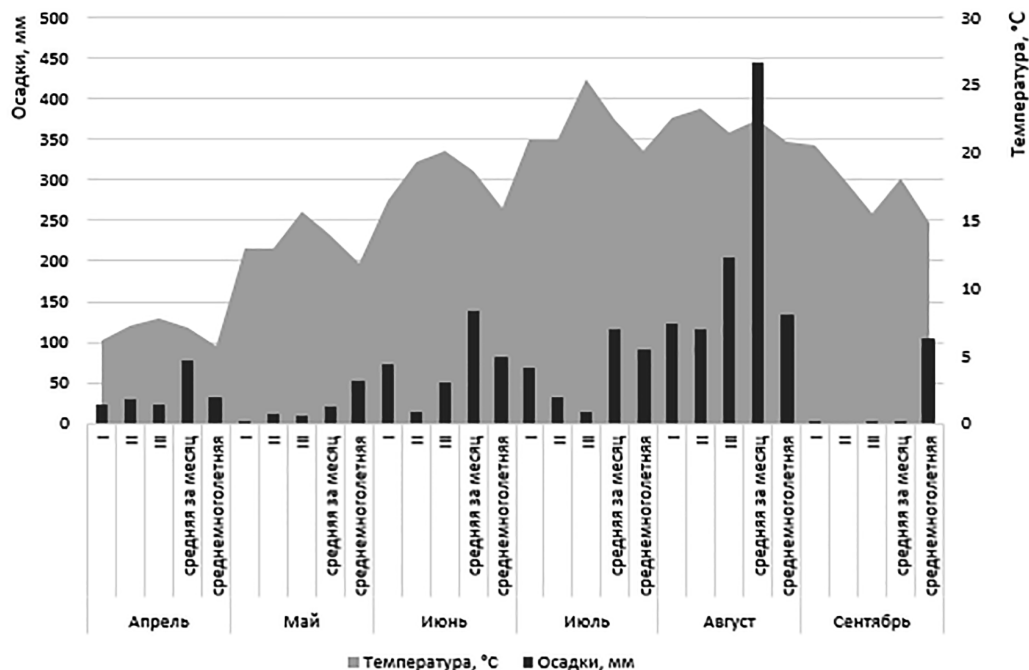


Рисунок 1 – Метеорологические условия вегетационного периода 2023 г. (по данным АМС «Тимирязевский» (с. Пуциловка))

Figure 1 – Meteorological conditions during the growing period of 2023 (according to Timiryazevskii Agricultural Meteorological Station, Putsilovka)

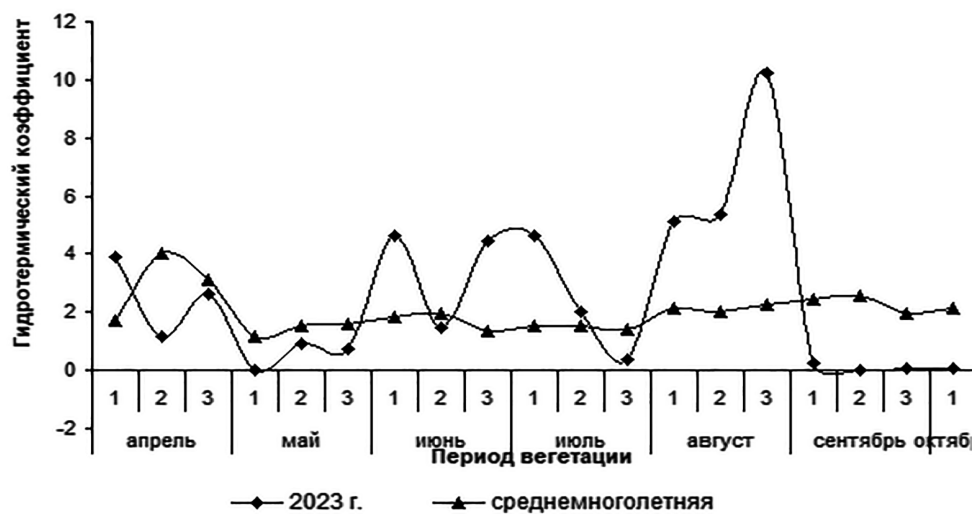


Рисунок 2 – Гидротермический коэффициент за период активных температур (более 10 °C)

Figure 2 – Hydrothermal coefficient for the period of active temperatures (above 10 °C)

имени А. Г. Лорха, НИИ сельского хозяйства Северного Зауралья, Научно-практического центра Национальной академии Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству.

В коллекционном питомнике образцы располагались на 1–6-рядковых делян-

ках, в ряду по 10–25 растений; в селекционных питомниках – на 1–3-рядковых делянках, в ряду по 5–60 растений. Схема посадки 90×30 см.

В качестве стандартов использовали сорта Дачный, Жуковский ранний, Янтарь, Юбилей, Adretta, Sante.

При испытании материала за основу были приняты методики Федерального исследовательского центра картофеля имени А. Г. Лорха (ФИЦ) [9, 10] и Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) [11].

При определении скороспелости образцов руководствовались методикой ВИР (2010) [11]; при этом первое определение выполнялось на 60-й день после посадки и затем каждые 10 дней, до 80-го дня после посадки клубней.

Биохимический анализ клубней (содержание сухого вещества и крахмала) выполняли по методике удельного веса цифровыми весами РW-2050 (Великобритания) [9]; установление содержания белка, витамина С, редуцирующих сахаров проводили в лаборатории агрохимического анализа Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки.

Результаты исследований и их обсуждение. В 2023 г. в коллекции находилось 368 сортов картофеля российской и зарубежной селекции. Генотипы оценивались по основным хозяйственно ценным признакам (продуктивность, способность раннего накопления товарной продукции, биохимические показатели, столовые качества, лежкоспособность клубней в период длительного хранения, пригодность к промышленной переработке).

В результате исследований нами выделены сорта с высокими показателями по направлениям:

1. *Повышенная продуктивность* (на уровне 700 г/куст и более) – Ариэль, Варяг, Жемчужина Камчатки, Кумач, Мерлот, Никулинский (Россия); Гарантия, Лад, Нара; гибриды 021521-44 и Г204уа17-5 (Республика Беларусь).

2. *Раннее образование товарной продуктивности на 70-й день после посадки* (500 г/куст и выше) – Альвара, Арроу, Ариэль, Варяг, Восторг, Жуковский ранний (st), Жемчужина Камчатки, Индиго, Исетский, Кармен, Кузьмич, Купец, Кумач, Колымский, Лорх, Лыковский, Новичок, Никулинский, Прайм, Пламя, Синеглазка, Сентябрь, Третьяковка, Тюменский, Фламинго, Флагман, Хозяюшка, Янтарь (st) (Россия); Баярскі, Максимум, Мастак, Юлия (Республика Беларусь); Adretta (st),

Епока, Isola (Германия); Latona, Sante' (st), Saturna (Нидерланды); Lastrada (Великобритания); 4634-34 Крепыш × Bora Valley (гибрид ФИЦ); гибриды белорусской селекции Г204уа17-3а, 021521-45, 0213230-15, 234ху04-11, 0215258-4, 142-14-40.

3. *Высокое содержание сухого вещества* (22,2–27,8 %) – Никулинский (Россия); Баярскі, Выток, Здабытак, Максимум (Республика Беларусь); гибриды белорусской селекции 17К10-2, 55-10-38, 14-11-8.

4. *Высокое содержание крахмала* (18,0 % и более) – Максимум, гибрид 17К10-2 (Республика Беларусь).

5. *Низкое содержание крахмала* (от 12,0 % и менее) – Альвара, Ариэль, Банкир, Варяг, Жуковский ранний (st), Жемчужина Камчатки, Индиго, Кармен, Кумач, Колымский, Лыковский, Мерлот, Новичок, Прайм, Пламя, Спринтер, Сентябрь, Садон (Россия); Епока, Isola (Германия); Fresco, Latona (Нидерланды); Першацвет, Палац, Сапфир, гибриды 02.15.258-3, 144-05-9, 201.206-48 (Республика Беларусь); ГК 17-7 (гибрид ВИР).

6. *Высокое содержание витамина С* (15,1 % и выше) в осенний период – Алуэт, Аризона, Ариэль, Восторг, Голубизна, Даренка, Жуковский ранний (st), Жемчужина Камчатки, Изюминка, Индиго, Синеглазка, Спринтер, Свенский, Садон (Россия); Выток, Зодар, Здабытак, Крок, Максимум, Палац, Темп, Юлия, гибриды 24ху99-1, Г204уа17-3а, 021521-44, 0213230-14, 17К10-2, 55-10-38, 14-11-8, 0215.79-7, 13-12-10 (Республика Беларусь); Isola (Германия); Sante' (st) (Нидерланды); 4634-34 Крепыш × Bora Valley (гибрид ФИЦ); ГК 17-7 (гибрид ВИР).

7. *Низкое содержание редуцирующих сахаров в осенний период* (0,4 % и менее) – Голубизна, Изюминка, Мерлот, Пламя, Синеглазка (Россия); Зодар, гибриды 021521-44, 16608-9, 14-11-8 (Республика Беларусь); Sante' (st) (Нидерланды); Isola (Германия); 4634-34 Крепыш × Bora Valley (гибрид ФИЦ).

8. *Повышенное содержание белка* (1,4 % и более) – Кураж, Третьяковка (Россия); Уноватор (Нидерланды); 16-77-63 и 1688-2 (гибриды ФИЦ).

9. *Высокий выход полноценного картофеля* (88,10 % и более) после длительного хранения (9 месяцев) – Новичок

(Россия); Margarita, Fridor (Нидерланды); FL-2434 (BP808 × Сатурна) и 16882-2 (гибриды ФИЦ).

10. *Отличные вкусовые качества* (8,0–9,0 баллов) осенью и весной – Варяг, Жемчужина Камчатки, Никулинский (Россия); Гарантия, Здабытак, Зодар, Крок, Максимум, Юлия (Республика Беларусь); Latona, Sante' (st), Saturna (Нидерланды).

11. *С комплексом хозяйственно значимых признаков* – Ариэль, Варяг, Жемчужина Камчатки, Кумач, Мерлот, Никулинский, Третьяковка, гибриды 4634-34 Крепыш × Vora Valley, 14-11-8, 17K10-2, 55-10-38.

Одним из важных направлений в селекции картофеля является изучение и поиск источников, пригодных на переработку и получение продуктов [12, 13, 14].

Наиболее значимыми исходными формами были 36 сортов отечественной и зарубежной селекции, обладающие генетическими свойствами родительских форм. На их основе подобраны родительские пары и проведено целенаправленное скрещивание по 72 гибридным комбинациям. Несмотря на то, что погодные условия в период опыления складывались вполне благоприятно, не все родитель-

ские формы оказались биологически пригодными компонентами для скрещивания. Так, при опылении 2 732 цветка получено всего 668 ягод. Процент удачных скрещиваний был невысоким (24,5 %).

Внутривидовое скрещивание осуществлялись в полевых условиях. Выделены наиболее эффективные отцовские формы по оплодотворяющей способности (более 50,0 %) – Дарница, Казачок, Люкс, Манифест, Регги; а также лучшие материнские формы – Аврора, Барин, Вектор, Королева Анна, Ирбитский, Люкс, Очарование, Танай, Удача, Чародей, Чароит. Выявлены самые результативные комбинации, обеспечившие высокое ягодообразование – свыше 50,0 % на каждую полученную гибридную комбинацию.

Для создания новых генотипов использованы сорта картофеля, которые по литературным данным пригодны на переработку с целью получения картофелепродуктов (чипсы и картофель фри) [15, 16, 17]. Предположительно, полученные образцы, наряду с высокой адаптивной способностью к местным агроклиматическим условиям, будут соответствовать требованиям производства картофелепродуктов (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты скрещиваний по лучшим гибридным комбинациям, 2023 г.
Table 1 – Crossing results for the best hybrid combinations, 2023

Гибридные комбинации	Опылено цветков, шт.	Получено ягод	
		шт.	процент
Очарование × Регги	23	21	91,3
Чароит × Дарница	29	25	86,2
Чароит × Манифест	28	22	78,6
Барин × Регги	55	42	76,4
Очарование × Люкс	22	16	72,7
Королева Анна × Казачок	11	8	72,7
Аврора × Дарница	40	29	72,5
Ирбитский × Казачок	36	26	72,2
Ирбитский × Дарница	47	32	68,1
Танай × Регги	36	23	63,9
Чародей × Дарница	51	31	60,8
Удача × Люкс	42	24	57,1
Вектор × Дарница	36	20	55,5
Барин × Люкс	54	30	55,5
Вектор × Казачок	27	14	51,8
Люкс × Манифест	47	24	51,1

Наибольшее количество цветков (40–50 шт.) было опылено с участием сортов Аврора, Барин, Дарница, Ирбитский, Люкс, Манifest, Регги, Удача, Чародей.

Повышенной ягодообразующей способностью (72,2–91,3 %) обладали гибридные комбинации Очарование × Регги, Чароит × Дарница, Чароит × Манifest, Барин × Регги, Очарование × Люкс, Королева Анна × Казачок, Аврора × Дарница, Ирбитский × Казачок. Максимальное количество ягод получено от гибридной популяции Барин × Регги – 42 шт.

Таким образом, выделенный нами селекционный материал характеризуется высокой степенью цветения, обильным ягодообразованием, а также имеет комплекс положительных морфологических признаков для создания сортов, пригодных к переработке.

В питомнике сеянцев в 2023 г. изучено 7 848 растений по 43 гибридным комбинациям. Процент зараженности вирусными заболеваниями был незначительным и составил 2,3 %. Остальные растения по результатам оценки оказались без внешних признаков поражения (их количество зафиксировано в пределах 97,7 %). При визуальном учете грибных болезней

в гибридном потомстве выявлена устойчивость (7,0–9,0 баллов).

В связи с погодными условиями, обусловленными наличием обильных осадков (444,0 мм в августе), часть селекционного материала теплицы потеряна, что составило 23 образца (53,5 %).

Главной задачей селекционного отбора в питомнике сеянцев является отбраковка по негативным признакам (неправильная форма клубней, глубокие глазки, длинные столоны, восприимчивость к болезням). В наших исследованиях по разным комбинациям селективность варьировала от 6,7 до 35,4 %. Показатель отбора (более 30,0 %) имели гибридные комбинации, показанные на рисунке 3.

В результате анализа имеющей выборки образцов отобрано 933 одно-клубневых гибрида по 20 гибридным комбинациям. Данные генотипы имели привлекательную форму, неглубокое залегание глазков, что является основным признаком для переработки на картофелепродукты.

В питомнике первой клубневой репродукции изучалось 3 821 растение по 98 гибридным комбинациям местной селекции; а также селекций Камчатского

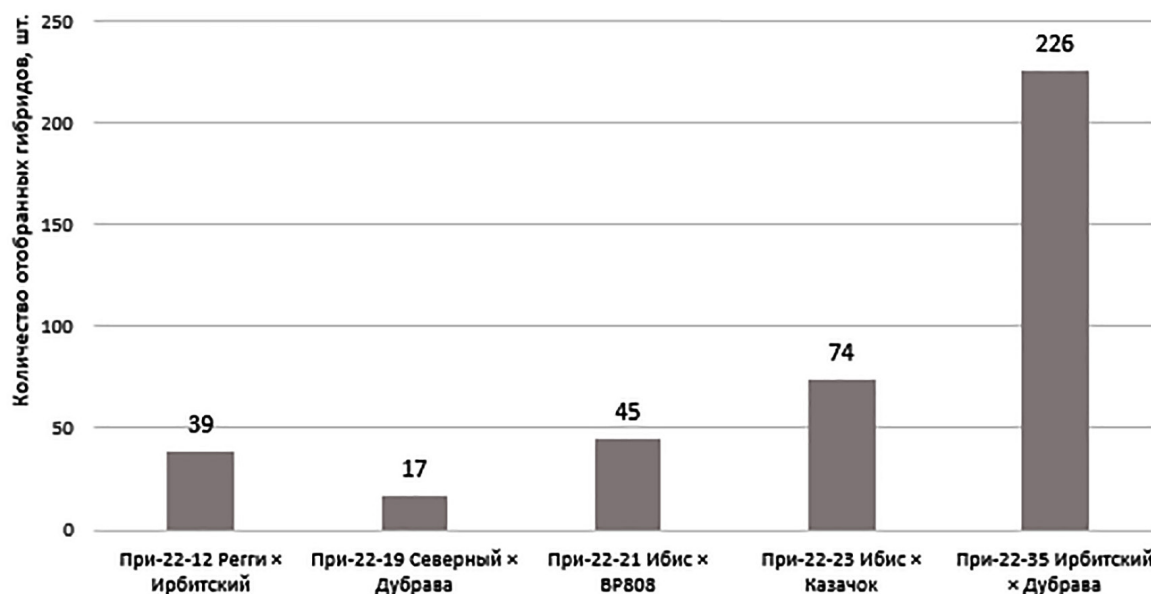


Рисунок 3 – Селекционный отбор образцов в питомнике сеянцев (более 30 %), 2023 г.

Figure 3 – Selective samplings in seedlings nursery (above 30 %), 2023

НИИ сельского хозяйства, Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, Федерального исследовательского центра картофеля имени А. Г. Лорха.

В период вегетации растений при визуальной оценке к вирусной инфекции отмечена 71 гибридная комбинация, которая отличилась отсутствием внешних признаков поражения, что составило 72,4 %.

В фазу бутонизации растений развитие фитофтороза и альтернариоза было незначительным (7,0–8,0 баллов). Другое грибное заболевание (ризоктониоз) отмечен на 342 гибридах (8,9 % от общего числа одноклубневок).

В результате жесткого отбора в питомник испытания клонов было выделено 54 гибрида по 25 гибридным комбинациям (25,5 % от выращенных одноклубневок); 73 образца сгнили в результате обильных осадков, что составило 74,5 % от общей выборки.

Заключение. Проведенные исследования позволили выделить генотипы с комплексом хозяйственно значимых признаков (продуктивность от 700 г/куст и более, образование товарной продуктивности на 70-й день после посадки, повышенные биохимические показатели). К ним относят Ариэль, Варяг, Жемчужина Камчатки, Кумач, Мерлот, Никулинский, Третьяковка, а также гибриды 4634-34 Крепыш × Bora Valley, 14-11-8, 17K10-2, 55-10-38.

Определены наиболее эффективные опылители: Дарница, Казачок, Люкс, Манифест, Регги. Выделены лучшие материнские формы – Аврора, Барин, Вектор, Королева Анна, Ирбитский, Люкс, Очарование, Танай, Удача, Чародей, Чароит.

На их основе подобраны родительские пары и проведено целенаправленное скрещивание для создания новых генотипов, пригодных на переработку с целью получения картофелепродуктов (чипсы и картофель фри).

Список источников

1. Вознюк В. П., Ким И. В., Корнилова Т. О., Мороз А. А. Характеристика перспективных генотипов картофеля селекции ФНИЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки в условиях муссонного климата Приморского края // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2022. № 3 (223). С. 49–60. doi: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_5. EDN HLBQDS.
2. Картофель России: в 3 т. Т. 1. Селекция, семеноводство, сертификация / под ред. А. В. Коршунова. М., 2003. 411 с.
3. Щегорец О. В. Системный кризис амурского картофелеводства и пути его преодоления // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Т. 16. № 2. С. 65–75. doi: 10.22450/19996837_2022_2_65. EDN EOJYRN.
4. Ким И. В., Вознюк В. П., Корнилова Т. О. Новый сорт картофеля Моряк // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Т. 16. № 2. С. 16–23. doi: 10.22450/19996837_2022_2_16. EDN AGKSWZ.
5. Волков Д. И., Ким И. В., Гисюк А. А., Клыков А. Г. Оценка клубней сортов картофеля на содержание редуцирующих сахаров и лежкость // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 1 (57). С. 5–13. doi: 10.24412/1999-6837-2021-1-5-13. EDN YZYJHN.
6. Гуреева Ю. А., Батов А. С. Изучение среднеспелых сортов картофеля для переработки на хрустящий картофель и фри // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 11 (229). С. 55–61. doi: 10.53083/1996-4277-2023-229-11-55-61. EDN YVNHQQ.
7. Молявко А. А., Марухленко А. В., Борисова Н. П. Коэффициент адаптивности сорта картофеля определяет его продуктивность // Картофель и овощи. 2012. № 3. С. 10–11. EDN PEOBNR.
8. Ким И. В., Волков Д. И., Маханько В. Л., Гунько Ю. В. Белорусские сорта картофеля как источники хозяйственно ценных признаков // Вестник Дальневосточного отделения Рос-

сийской академии наук. 2023. № 3 (229). С. 56–64. doi: 10.37102/0869-7698_2023_229_03_6. EDN PIDEVP.

9. Симаков Е. А., Склярова Н. П., Яшина И. М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. М. : Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства, 2006. 72 с. EDN QKYSYN.

10. Шабанов А. Э., Анисимов Б. В., Киселев А. И., Попова Н. П., Долгова Т. И., Машута О. В. Методическое положение (руководство) по оценке продуктивности и столовых качеств картофеля (кулинарный тип). М. : Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства, 2017. 20 с.

11. Киру С. Д., Костина Л. И., Трускинов Э. В., Рогозина Е. В., Королева Л. В., Фомина В. Е. [и др.]. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля. СПб. : ВИР, 2010. 30 с. EDN: DLUNCD.

12. Ceroli P., Procaccini L. M. G., Corbino G., Monti M., Huarte M. Evaluation of food conservation technologies for potato cubes // *Potato Research*. 2018. Vol. 61. No. 4. P. 219–229. <https://doi.org/10.1007/s11540-018-9370-7>.

13. Amaral R. D. A., Benedetti B. C., Pujolà M., Achaerandio I., Bachelli M. L. B. A first approach of using ultrasound as an alternative for blanching in vacuum-packaged potato strips // *Food Bioprocess. Technology*. 2016. Vol. 9. No. 10. P. 1794–1801. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1758-2>.

14. Feng Y., Liu Q., Liu P., Shi J., Wang Q. Aspartic acid can effectively prevent the enzymatic browning of potato by regulating the generation and transformation of brown product // *Postharvest Biology and Technology*. 2020. Vol. 166. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111209>.

15. Митюшкин А. В., Григорьев Г. В., Журавлев А. А., Симаков Е. А., Кондратьев Р. Б. Модифицированный метод оценки пригодности сортообразцов картофеля для переработки // *Достижения науки и техники АПК*. 2010. № 8. С. 15–17. EDN MUPIEP.

16. Пшеченков К. А., Зейрук В. Н., Мальцев С. В., Белов Г. Л. Качество столового картофеля и продуктов его переработки в зависимости от сорта, типа почвы и условий хранения // *Земледелие*. 2018. № 5. С. 27–29. doi: 10.24411/0044-3913-2018-10507. EDN XRTQIX.

17. Joardder M. U. H., Masud M. H. Food preservation techniques in developing countries // *Food Preservation in Developing Countries: Challenges and Solutions*. Cham : Springer, 2019. P. 67–125. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11530-2_4.

References

1. Voznyuk V. P., Kim I. V., Kornilova T. O., Moroz A. A. Characterization of promising potato genotypes bred in FSC of agricultural biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika under the conditions of the monsoon climate. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*, 2022;3(223):49–60. doi: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_5. EDN HLBQDS (in Russ.).

2. Korshunov A. V. (Eds.). *Potatoes of Russia. Vol. 1. Breeding, seed production, certification*, Moscow, 2003, 411 p. (in Russ.).

3. Shchegorets O. V. The systemic crisis of the amur potato growing and ways to overcome it. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2022;16(2):65–75. doi: 10.22450/19996837_2022_2_65. EDN EOJYRN (in Russ.).

4. Kim I. V., Voznyuk V. P., Kornilova T. O. A new potato variety Moryak. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2022;16(2):16–23. doi: 10.22450/19996837_2022_2_16. EDN AGKSWZ (in Russ.).

5. Volkov D. I., Kim I. V., Gisyuk A. A., Klykov A. G. Evaluation of potato tubers of the reducing sugar content and keeping quality. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2021;1(57):5–13. doi: 10.24412/1999-6837-2021-1-5-13. EDN ZZYJHN (in Russ.).

6. Gureeva Yu. A., Batov A. S. Study of mid-ripening potato varieties for processing into crisps and french fries. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023; 11(229):55–61. doi: 10.53083/1996-4277-2023-229-11-55-61. EDN YVHHQQ (in Russ.).
7. Molyavko A. A., Marukhlenko A. V., Borisova N. P. The coefficient of adaptability of potato cultivar determines its productivity. *Kartofel' i ovoshchi*, 2012;3:10–11. EDN PEOBNR (in Russ.).
8. Kim I. V., Volkov D. I., Makhan'ko V. L., Gun'ko Yu. V. Belarusian potato varieties as sources of economically important traits. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*, 2023;3(229):56–64. doi: 10.37102/0869-7698_2023_229_03_6. EDN PIDEVP (in Russ.).
9. Simakov E. A., Sklyarova N. P., Yashina I. M. *Methodological instructions on potato breeding process technology*, Moscow, Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut kartofel'nogo khozyaistva, 2006, 72 p. EDN QKYCYN (in Russ.).
10. Shabanov A. E., Anisimov B. V., Kiselev A. I., Popova N. P., Dolgova T. I., Malyuta O. V. *Methodological regulation (guideline) on assessment of productivity and table qualities of potatoes (culinary type)*, Moscow, Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut kartofel'nogo khozyaistva, 2017, 20 p. (in Russ.).
11. Kiru S. D., Kostina L. I., Truskinov E. V., Rogozina E. V., Koroleva L. V., Fomina V. E. [et al.]. *Methodological guidelines for the maintenance and study of the world potato collection*, Saint-Petersburg, VIR, 2010, 30 p. (in Russ.). EDN: DLUNCD.
12. Ceroli P., Procaccini L. M. G., Corbino G., Monti M., Huarte M. Evaluation of food conservation technologies for potato cubes. *Potato Research*, 2018;61;4:219–229. <https://doi.org/10.1007/s11540-018-9370-7>.
13. Amaral R. D. A., Benedetti B. C., Pujolà M., Achaerandio I., Bachelli M. L. B. A first approach of using ultrasound as an alternative for blanching in vacuum-packaged potato strips. *Food Bioprocess. Technology*, 2016;9;10:1794–1801. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1758-2>.
14. Feng Y., Liu Q., Liu P., Shi J., Wang Q. Aspartic acid can effectively prevent the enzymatic browning of potato by regulating the generation and transformation of brown product. *Postharvest Biology and Technology*, 2020;166. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111209>.
15. Mityushkin A. V., Grigoryev G. V., Zhuravlev A. A., Simakov E. A., Kondratyev R. B. Modification method of suitability assessment of potato varieties for finished product processing. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2010;8:15–17. EDN MUPIEP (in Russ.).
16. Pshechenkov K. A., Zeyruk V. N., Maltsev S. V., Belov G. L. Quality of table potato and processed products depending on variety, soil type and storage conditions. *Zemledelie*, 2018;5:27–29. doi: 10.24411/0044-3913-2018-10507. EDN XRTQIX (in Russ.).
17. Joardder M. U. H., Masud M. H. Food preservation techniques in developing countries In.: *Food Preservation in Developing Countries: Challenges and Solutions*, Cham, Springer, 2019, P. 67–125. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11530-2_4.

© Аникина О. В., Ким И. В., 2024

Статья поступила в редакцию 05.02.2024; одобрена после рецензирования 27.02.2024; принята к публикации 29.02.2024.

The article was submitted 05.02.2024; approved after reviewing 27.02.2024; accepted for publication 29.02.2024.

Информация об авторах

Аникина Оксана Васильевна, младший научный сотрудник, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0643-100X>, Author ID: 1076012, oksanavas1975@mail.ru;

Ким Ирина Вячеславовна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>, Author ID: 681163, kimira-@mail.ru

Information about the authors

Oksana V. Anikina, Junior Researcher, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0643-100X>, Author ID: 1076012, oksanavas1975@mail.ru;

Irina V. Kim, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>, Author ID: 681163, kimira-80@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 633.1:631.52(571.61)

EDN WGGNDW

DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-16-25

Создание нового исходного материала яровой пшеницы в условиях Среднего Приамурья

Татьяна Александровна Асеева¹, Кристина Владимировна Зенкина²,
Ирина Викторовна Ломакина³

^{1, 2, 3} Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Хабаровский край, Хабаровск, Россия

¹ aseeva59@mail.ru, ² polosataya-zebra@mail.ru, ³ dvniish_delo@mail.ru

Аннотация. Исследования проводились в 2018–2023 гг. на базе Дальневосточного научно-исследовательского института сельского хозяйства с целью создания нового исходного материала яровой мягкой пшеницы для почвенно-климатических условий Среднего Приамурья. Установлено, что доля вклада «год» составила 56,25 %, доля вклада «сорт» – 34,43 %, воздействие факторов «сорт × год» – 9,32 %. В результате исследований выделено 25 коллекционных сортов яровой мягкой пшеницы с высокой устойчивостью к полеганию, превышающих стандартный сорт Хабаровчанка (363 г/м²) в среднем на 29–412 г/м²: Анфея, Далира (Россия, Хабаровский край), Калинка (Россия, Московская область), Буляк, Хаят, Аль Варис, Йолдыз (Россия, Татарстан), Алабуга, Тюменочка (Россия, Тюменская область), Омская юбилейная, Столыпинская 2 (Россия, Омская область), Воевода, Прохоровка (Россия, Саратовская область), Тулайковская 108, Тулайковская 110 (Россия, Самарская область), Мерцана (Россия, Тамбовская область), Родник (Россия, Челябинская область), Sr9b, Sr5 (Австралия), Calispero (Франция), Могоссо (Африка), Jasna (Польша), Степная 100, Алмакен (Казахстан), Voett (Швеция). Отмечены сорта с высоким и стабильным формированием урожайности зерна независимо от влияния негативных факторов окружающей среды: Jasna (Польша) – 475 г/м², Могоссо (Африка) – 499 г/м², Тулайковская 110 (Россия, Самарская область) – 568 г/м², Алабуга (Россия, Тюменская область) – 621 г/м², Воевода (Россия, Саратовская область) – 775 г/м². В результате проведения внутривидовой гибридизации было получено 46 гибридных комбинаций с общим количеством гибридных зерен – 1 685 штук и средней завязываемостью по опыту – 44,5 %. В 8 комбинациях сделаны прямые и обратные скрещивания. Установлено, что процент завязываемости значительно выше при привлечении сортов местной селекции Анфея и Далира в качестве материнской формы (Анфея × Калинка – 66 %, Далира × Калинка – 62 %), чем в качестве отцовской формы (Калинка × Анфея – 17 %, Калинка × Далира – 2 %).

Ключевые слова: пшеница мягкая яровая, коллекция, урожайность, гибридизация, скрещивание, гибридные комбинации

Для цитирования: Асеева Т. А., Зенкина К. В., Ломакина И. В. Создание нового исходного материала яровой пшеницы в условиях Среднего Приамурья // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 1. С. 16–25. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-16-25.

Original article

Creation of new source material of spring wheat in conditions of Middle Priamurye

Tatiana A. Aseeva¹, Kristina V. Zenkina², Irina V. Lomakina³^{1,2,3} Far Eastern Agricultural Research Institute, Khabarovsk krai, Khabarovsk, Russian Federation¹ aseeva59@mail.ru, ² polosataya-zebra@mail.ru, ³ dvniish_delo@mail.ru

Abstract. The studies were conducted in 2018–2023 in the Far Eastern Agricultural Research Institute with the aim of creating new source material of spring soft wheat for the soil and climatic conditions of the Middle Priamurye. It was established that the share of the "year" contribution was 56.25%, the share of the "variety" contribution was 34.43%, and the influence of the "variety × year" factors was 9.32%. As a result of the research, 25 collection varieties of spring soft wheat with high resistance to lodging were identified, exceeding the standard Khabarovchanka variety (363 g/m²) by an average of 29–412 g/m²: Anfeya, Dalira (Russia, Khabarovsk krai), Kalinka (Russia, Moscow region), Bulyak, Hayat, Al Varis, Ioldyz (Russia, Tatarstan), Alabuga, Tyumenochka (Russia, Tyumen region), Omskaya Yubileynaya, Stolypinskaya 2 (Russia, Omsk region), Voevoda, Prokhorovka (Russia, Saratov region), Tulaikovskaya 108, Tulaikovskaya 110 (Russia, Samara region), Mertsana (Russia, Tambov region), Rodnik (Russia, Chelyabinsk region), Sr9b, Sr5 (Australia), Calispero (France), Morocco (Africa), Jasna (Poland), Stepnaya 100, Almaken (Kazakhstan), Boett (Sweden). Varieties with high and stable formation of grain yield were noted, regardless of the influence of negative environmental factors: Jasna (Poland) – 475 g/m², Morocco (Africa) – 499 g/m², Tulaikovskaya 110 (Russia, Samara region) – 568 g/m², Alabuga (Russia, Tyumen region) – 621 g/m², Voevoda (Russia, Saratov region) – 775 g/m². As a result of intraspecific hybridization, 46 hybrid combinations were obtained with a total number of hybrid grains – 1 685 pieces and an average set rate of 44.5%. In 8 combinations, forward and reverse crossings were made. It has been established that the percentage of setting is significantly higher when using local selection varieties Anfeya and Dalira as a maternal form (Anfeya × Kalinka – 66%, Dalira × Kalinka – 62%) than as a paternal form (Kalinka × Anfeya – 17%, Kalinka × Dalira – 2%).

Keywords: soft spring wheat, collection, productivity, hybridization, crossing, hybrid combinations

For citation: Aseeva T. A., Zenkina K. V., Lomakina I. V. Creation of new source material of spring wheat in conditions of Middle Priamurye. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;1:16–25. (in Russ.). doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-16-25.

Введение. Стратегия развития селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в Российской Федерации на период до 2025 г. предусматривает необходимость создания высокопродуктивных сортов, стабильно формирующих урожай высокого качества и способных противостоять неблагоприятным факторам среды [1, С. 57].

Мягкая пшеница – основная продовольственная культура в России [2, С. 24], играющая ключевую роль в обеспечении продовольствием населения во всем мире [3, С. 198]. Этой культуре нет равных по ареалу возделывания и способности адаптироваться к различным поч-

венно-климатическим условиям, а повышение способности растений переносить недостаточную влагообеспеченность имеет огромное значение для сельскохозяйственного производства [4, С. 43].

Резкое сокращение спроса на семена высоких репродукций, снижение посевов яровой мягкой пшеницы произошло в результате изменений в структуре посевных площадей [5, С. 113]. Использование высококачественных семян наиболее эффективных и приспособленных к местным условиям выращивания сортов позволяет без дополнительных затрат повысить валовый сбор зерна, его качество и стабильность урожаев по годам [6, С. 42].

Успех селекционной работы определяется наличием изученного исходного материала [7, С. 75]. Для создания генетической изменчивости, адекватной изменениям условий среды, нужен непрерывный поиск и вовлечение в селекционный процесс разнообразного исходного материала [8, С. 42]. Подбор родительских пар для скрещивания при селекции на продуктивность является одним из наиболее важных и в то же время самых трудных моментов в селекции [9, С. 26].

Известен целый ряд методов получения исходного материала: мутагенез, рекомбиногенез, трансгрессивные эффекты, биотехнология, гибридизация и др. [10], однако наиболее эффективным методом создания генетической варибельности в популяциях до сих пор остается внутривидовая гибридизация [11, С. 34].

Существует три метода опыления: *принудительное*, когда на рыльце пестика каждого кастрированного цветка материнского сорта кисточкой наносится пыльца отцовского сорта; *групповое*, когда к группе кастрированных материнских колосьев подставляется группа отцовских колосьев с созревшими пыльниками и *опыление колосом*, когда над каждым кастрированным материнским колосом вращают отцовский колос, пыльники лопаются и пыльца попадает на рыльце пестика материнского сорта [12, С. 26].

Создание сортов с высокой адаптивной способностью на фоне ожидаемого глобального изменения климата приобретает чрезвычайно важное значение. Почвенно-климатические характеристики свидетельствуют о значительном варьировании биотических и абиотических факторов среды, что обуславливает постоянный поиск исходного материала для создания новых сортов, способных противостоять воздействию неблагоприятных условий в период вегетации. Нарастание погодных аномалий, нестабильность метеорологических показателей в важные периоды онтогенеза делают проблему стрессоустойчивости особенно актуальной [13, С. 27].

Создание новых высокоурожайных сортов, адаптированных к нестабильным погодным условиям Среднего Приамурья актуально, и имеет практическую ценность.

Цель исследований – создать новый исходный материал яровой пшеницы

в почвенно-климатических условиях Среднего Приамурья.

Материалы и методика исследований. В период исследований (с 2018 по 2023 гг.) изучили более 250 образцов пшеницы различного эколого-географического происхождения из коллекции генетических ресурсов растений и выделили 25 перспективных сортов по урожайности зерна, так как первостепенная задача селекционной работы в регионе – повышение урожайности сортов.

Почва опытного участка – лугово-буряя оподзоленно-глеевая тяжело-луглинистая ($pH_{\text{кол.}} < 4,5$; подвижный P_2O_5 – 99–155 мг/кг; обменный K_2O – 277–304 мг/кг; гумус – 3,6–3,8 %).

Стандартом являлся районированный сорт местной селекции Хабаровчанка. Предшественник – черный пар. Посев проводили вручную в оптимальные сроки (III декада апреля).

Площадь делянок составила 1 м², норма высева – 500 всхожих зерен. Учеты и наблюдения проводились по общепринятым методикам [14, 15].

Создание нового исходного материала в питомнике гибридизации проведено в 2023 г. методом внутривидовой гибридизации с использованием перспективных сортов яровой мягкой пшеницы.

Годы исследований существенно отличались по погодным условиям (рис. 1). В период активной вегетации 2018 и 2019 гг. отмечали избыточное переувлажнение: за май – июль гидротермический коэффициент (ГТК) составил 2,4 и 2,6 соответственно при среднемноголетнем значении 1,7; при этом выпало 393 и 407 мм осадков (среднемноголетнее значение – 270 мм).

Недостаток влагообеспеченности и высокие дневные и ночные температуры приземного слоя воздуха наблюдали в 2021–2023 гг.: за май – июль ГТК составил 1,4; 1,3; 1,0 соответственно, количество выпавших осадков – 163–223 мм, что ниже среднемноголетних значений на 47–107 мм; 2020 г. находился в пределах климатической нормы. В июле 2021 г. наблюдалась засуха с критическими показателями – среднесуточная температура воздуха выше 25 °С и количество осадков 26 мм (при среднемноголетних значениях 21,4 °С и 132 мм соответственно).

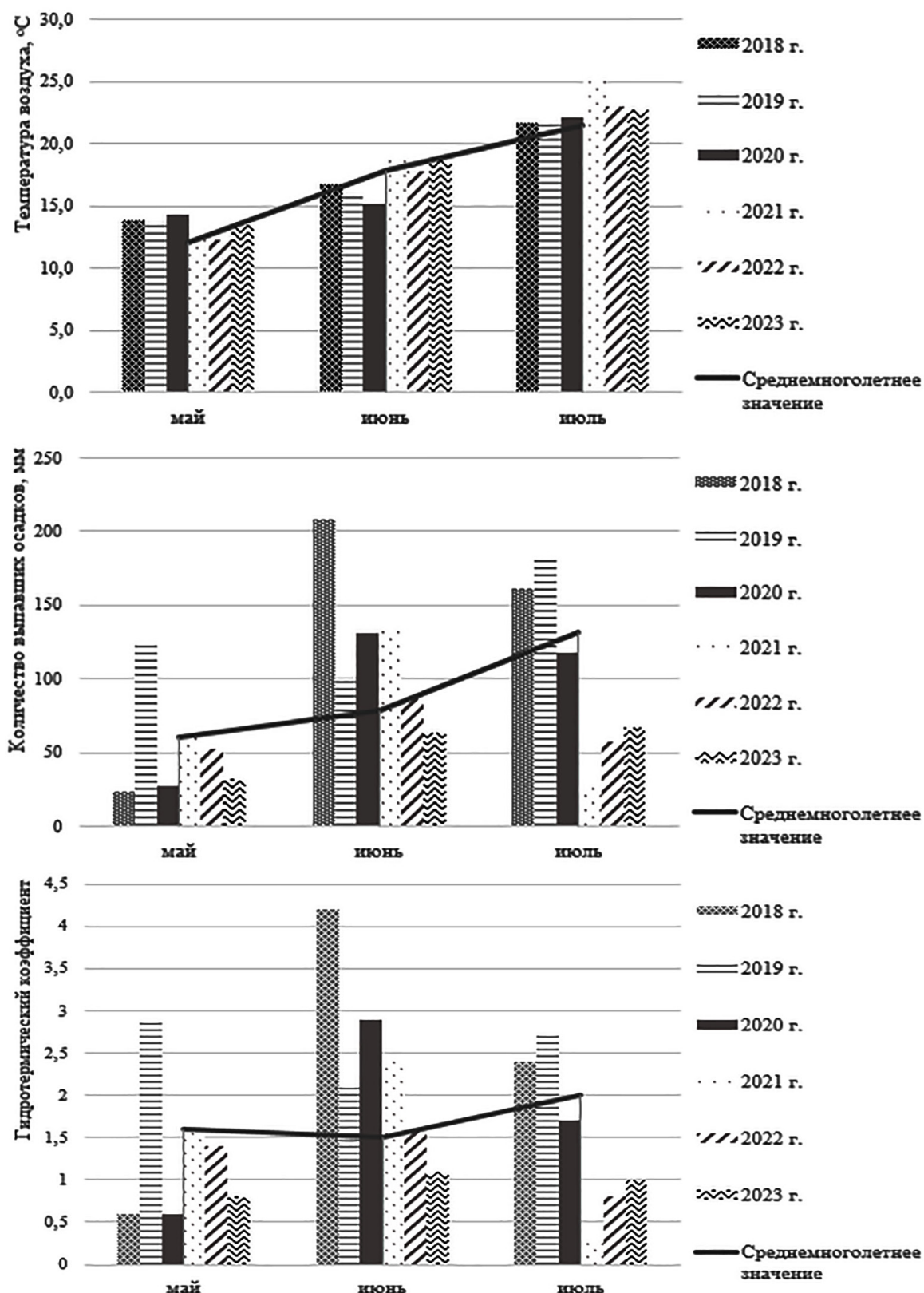


Рисунок 1 – Агротеморологические условия в период вегетации растений яровой мягкой пшеницы, 2018–2022 гг.

Figure 1 – Agrometeorological conditions during growing season of spring soft wheat plants, 2018–2022

Результаты исследований и их об- суждение. Увеличение продуктивности зерна – одна из важнейших селекционных задач при создании сортов яровой пшеницы в современных условиях сельскохозяйственного производства. Урожайность коллекционных образцов в благоприятных и неблагоприятных условиях Среднего Приамурья существенно изменялась как по годам (от 292 до 959 г/м² в 2021 г.), так и по сортам (от 93 до 726 г/м² у сорта Столыпинская).

На основании проведенного дисперсионного анализа оценена доля вклада генотипа и погодных условий окружающей среды. Выявлено, что наибольшее влияние на реализацию потенциальной урожайности коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы оказывал фактор «год» – 56,25 %. Доля вклада «сорт» составила 34,43 %; воздействие факторов «сорт × год» – 9,32 %. Установлено, что в годы проведения исследований различия между урожайностью сортов были существенны на уровне значимости 5 %.

В результате исследований выделено 25 коллекционных сортов яровой мягкой пшеницы, которые превышают стандартный сорт Хабаровчанка в среднем на 29–412 г/м² (табл. 1), отличающихся высокой устойчивостью к полеганию независимо от погодных условий года.

У большинства генотипов пшеницы при ухудшении условий выращивания отмечали существенное снижение данного показателя продуктивности, особенно у сортов Степная 100 (Казахстан), Voett (Швеция), Йолдыз, Хаят (Россия, Татарстан), Столыпинская 2 (Россия, Омская область) – в 5,5–7,8 раза. В тоже время выделены сорта Алабуга (Россия, Тюменская область), Воевода (Россия, Саратовская область), Могоссо (Африка), Тулайковская 110 (Россия, Самарская область), Jasna (Польша), отличающиеся стабильно высокой урожайностью независимо от погодных условий.

Основным способом создания популяций яровой мягкой пшеницы является внутривидовая гибридизация. Время колошения и цветения коллекционных сортов пшеницы в почвенно-климатических условиях Среднего Приамурья различалось, поэтому обратные скрещивания проведены для 8 комбинаций (табл. 2).

Отмечено, что в комбинациях скрещивания с участием местных сортов Анфея и Далира в качестве материнской формы сформировалось большее количество зерен и процент завязываемости был существенно выше, чем при использовании данных сортов в качестве отцовской формы.

В результате проведения скрещиваний также было получено 30 гибридных комбинаций (в скобках указано количество зерен):

Йолдыз × Анфея (57);
 Калинка × Тюменочка (4);
 Калинка × Йолдыз (46);
 Тулайковская 108 × Могоссо (42);
 Мерцана × Тулайковская 110 (21);
 Calispero × Тулайковская 110 (48);
 Sr5 × Аль Варис (18);
 Хаят × Алабуга (39);
 Тулайковская 110 × Мерцана (8);
 Далира × Йолдыз (56);
 Столыпинская 2 × Мерцана (32);
 Могоссо × Воевода (36);
 Jasna × Прохоровка (44);
 Степная 100 × Тюменочка (39);
 Хаят × Омская юбилейная (38);
 Йолдыз × Степная 100 (42);
 Sr9b × Voett (19);
 Sr5 × Воевода (10);
 Буляк × Алабуга (34);
 Аль Варис × Тюменочка (27);
 Аль Варис × Омская юбилейная (16);
 Аль Варис × Алабуга (8);
 Аль Варис × Прохоровка (21);
 Родник × Степная 100 (47);
 Родник × Мерцана (33);
 Тюменочка × Йолдыз (52);
 Алмакен × Хаят (70);
 Прохоровка × Буляк (55);
 Прохоровка × Хаят (17);
 Calispero × Мерцана (44).

Процент завязываемости у комбинаций колебался от низкой (2 %) до высокой (85 %), что обусловлено погодными условиями окружающей среды, генетической совместимостью исходных родительских форм и некоторыми другими факторами.

Общее количество гибридных зерен в опыте составило 1 685 штук, средняя завязываемость – 44,5 %. Полученные гибриды рекомендуются для дальнейшего изучения в следующих поколениях.

Таблица 1 – Урожайность коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы, 2018–2023 гг.

Table 1 – Productivity of collection samples of spring soft wheat, 2018–2023

В граммах на один квадратный метр

Сорт	Происхождение	Урожайность		
		минимальная	средняя	максимальная
Хабаровчанка (стандарт)	Россия, Хабаровский край	179	363	484
Анфея	Россия, Хабаровский край	281	340	405
Далира	Россия, Хабаровский край	265	392	582
Калинка	Россия, Московская область	237	487	585
Буляк	Россия, Татарстан	220	528	770
Алабуга	Россия, Тюменская область	545	621	696
Хаят	Россия, Татарстан	113	467	675
Sr9b	Австралия	244	398	533
Sr5	Австралия	292	544	796
Омская юбилейная	Россия, Омская область	236	552	660
Аль Варис	Россия, Татарстан	207	489	770
Воевода	Россия, Саратовская область	630	775	959
Calispero	Франция	228	567	676
Тюменочка	Россия, Тюменская область	203	448	591
Йолдыз	Россия, Татарстан	116	548	675
Могоссо	Африка	406	499	592
Тулайковская 108	Россия, Самарская область	314	512	617
Тулайковская 110	Россия, Самарская область	467	568	630
Мерцана	Россия, Тамбовская область	363	575	728
Столыпинская 2	Россия, Омская область	93	480	726
Jasna	Польша	390	475	560
Прохоровка	Россия, Саратовская область	428	552	756
Степная 100	Казахстан	126	393	696
Voett	Швеция	88	437	510
Родник	Россия, Челябинская область	336	428	548
Алмакен	Казахстан	256	411	565
				HCP ₀₅ = 21

Таблица 2 – Прямые и обратные комбинации скрещивания, 2023 г.

Table 2 – Direct and reverse crossing combinations, 2023

Материнская форма	Отцовская форма	Прямое скрещивание		Обратное скрещивание	
		число зерен, шт.	завязываемость, %	число зерен, шт.	завязываемость, %
Анфея	Калинка	40	66	11	17
Тулайковская	Буляк	40	45	37	47
Алабуга	Тулайковская 110	53	51	12	12
Тулайковская 110	Хаят	57	66	42	46
Sr9b	Sr5	64	51	57	45
Далира	Калинка	63	62	2	2
Омская юбилейная	Буляк	64	50	36	38
Аль Варис	Воевода	58	85	26	50

Заключение. Выделены коллекционные сорта яровой пшеницы с высокой и стабильной урожайностью – Алабуга, Воевода, Мороссо, Тулайковская 110, Jaspa, которые рекомендуются для включения в селекционный процесс.

В результате проведения скрещиваний было получено 46 комбинаций с общим

количеством гибридных зерен 1 685 штук. В 8 комбинациях сделаны прямые и обратные скрещивания, при этом средняя завязываемость в опыте составила 44,5 %.

В перспективных научных исследованиях рекомендуется проведение дальнейшего изучения гибридных популяций яровой мягкой пшеницы.

Список источников

1. Сатвалова Н. К., Хайбуллин М. М., Давлетов Ф. А. Создание исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6. С. 57–60. EDN QIKYUM.

2. Фисенко А. В., Упелник В. П., Калмыкова Л. П., Кузнецова Н. Л., Драгович А. Ю. Взаимосвязь между составом глиадинов, морфологией колоса и качеством зерна у яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 9 (32). С. 24–27. EDN YLZPTN.

3. Орловская О. А., Вакула С. И., Яцевиц К. К., Хотылева Л. В., Кильчевский А. В. Влияние генов *pat-1* на содержание белка в зерне и показатели продуктивности у линий мягкой пшеницы с интрогрессиями чужеродного генетического материала в условиях Беларуси // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2023. № 3 (27). С. 197–206. EDN LAGWVN.

4. Волкова Л. В., Амунова О. С. Изучение эффекта гетерозиса и прогноз перспективности гибридных популяций яровой пшеницы в селекции на продуктивность и засухоустойчивость // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. № 3 (184). С. 41–50. EDN FRXBVN.

5. Зеленев А. В., Маркова И. Н. Перспективные сорта яровой мягкой пшеницы Камышинской селекции // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (61). С. 109–119. EDN ВНІТРМ.

6. Игнатьева Г. В., Викулина Е. В., Булатова С. А., Фенова О. А. Мельница – перспективный раннеспелый сорт мягкой яровой пшеницы // Владимирский земледелец. 2022. № 2 (100). С. 42–47. doi: 10.24412/2225-2584-2022-2-42-47. EDN KRXAZG.

7. Никитина В. И., Федосенко Д. Ф. Потенциал надежности образцов яровой пшеницы по комплексу признаков для селекции в условиях Красноярской лесостепи // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 4. С. 74–79. doi: 10.36718/1819-4036-2020-4-74-79. EDN LPNFUS.
8. Кадушкина В. П., Грабовец А. И., Коваленко С. А. Роль генофонда при селекции яровой твердой пшеницы в условиях нарастания аридности климата // Рисоводство. 2022. № 3. С. 41–47. doi: 10.33775/1684-2464-2022-56-3-41-47. EDN EAAFTI.
9. Kazak A. A., Loginov Y. P. The yield rate and grain quality of mid-ripening and mid-late valuable varieties of spring soft wheat bred in Siberia, in the northern foreststeppe of the Tyumen region // Annals of Agri Bio Research. 2019. Vol. 24. No. 2. P. 174–182. EDN BCQONT.
10. Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Макарова Т. С., Дубинина О. А., Костыленко О. А., Каменева А. С., Дерова Т. Г. Методы создания исходного материала в селекции озимой твердой пшеницы и их результативность // Зерновое хозяйство России. 2020. № 2 (68). С. 54–60. doi: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-54-60. EDN PBJYHW.
11. Грабовец А. И., Кадушкина В. П., Коваленко С. А. Совершенствование методологии селекции яровой твердой пшеницы в условиях меняющегося климата // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 3. С. 33–36. doi: 10.30850/vrsn/2019/3/33-36. EDN ZHUMCJ.
12. Казак А. А., Логинов Ю. П. Завязываемость гибридных зерен яровой мягкой пшеницы в зависимости от родительских сортов, методов и сроков опыления // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 90. С. 24–34. EDN YXYUUX.
13. Марченкова Л. А., Давыдова Н. В., Павлова О. В., Чавдарь Р. Ф., Орлова Т. Г. Оценка селекционного материала яровой мягкой пшеницы на устойчивость к искусственно создаваемым стрессовым ситуациям // Вестник аграрной науки. 2021. № 1 (88). С. 26–32. doi: 10.17238/issn2587-666X.2021.1.26. EDN OZQTFB.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с. EDN ZJQBUD.
15. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М. : Колос, 1985. Вып. 1. 267 с.

References

1. Satvalova N. K., Khaybullin M. M., Davletov F. A. Collection of original material for spring soft wheat selection under the conditions of the south forest steppe zone of the Republic of Bashkortostan. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019;6:57–60. EDN QIKYUM (in Russ.).
2. Fisenko A. V., Upelniak V. P., Kalmykova L. P., Kuznetsova N. L., Dragovich A. Yu. Relationship between the gliadin composition, ear morphology and grain quality of spring wheat. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2018; 9(32): 24–27. EDN YLZPTN (in Russ.).
3. Orlovskaya O. A., Vakula S. I., Yatsevits K. K., Khotyleva L. V., Kil'chevskiy A. V. Effect of *nam-1* genes on the protein content in grain and productivity indices in common wheat lines with foreign genetic material introgressions in the conditions of Belarus. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii*, 2023;3(27):197–206. EDN LAGWVH (in Russ.).
4. Volkova L. V., Amunova O. S. Studying the effect of heterosis and predicting the prospects of hybrid spring wheat populations in breeding for productivity and drought resistance. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii*, 2023;3(184):41–50. EDN FRXBYN (in Russ.).
5. Zelenev A. V., Markova I. N. Promising varieties of spring soft wheat of Kamyshinsky selection. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, 2021;2(61):109–119. EDN BHITPM (in Russ.).
6. Ignat'eva G. V., Vikulina E. V., Bulatova S. A., Fenova O. A. Promising early ripening variety of soft spring wheat melnitsa. *Vladimirskiy zemledelets*, 2022;2(100):42–47. doi: 10.24412/2225-2584-2022-2-42-47. EDN KRXAZG (in Russ.).

7. Nikitina V. I., Fedosenko D. F. Reliability potential of spring wheat samples based on the set of signs for the selection in Krasnoyarsk forest-steppe. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020;4:74–79. doi: 10.36718/1819-4036-2020-4-74-79. EDN LPNFUS (in Russ.).

8. Kadushkina V. P., Grabovets A. I., Kovalenko S. A. The role of the gene pool in the selection of spring durum wheat in conditions of increasing aridity of the climate. *Risovodstvo*, 2022;3:41–47. doi: 10.33775/1684-2464-2022-56-3-41-47. EDN EAAFTI (in Russ.).

9. Kazak A. A., Loginov Yu. P. The yield rate and grain quality of mid-ripening and mid-late valuable varieties of spring soft wheat bred in Siberia, in the northern foreststeppe of the Tyumen region. *Annals of Agri Bio Research*, 2019;24(2):174–182. EDN BCQONT.

10. Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Makarova T. S., Dubinina O. A., Kostylenko O. A., Kameneva A. S., Derova T. G. Methods for the development of the initial material in the process of winter durum wheat breeding and their efficiency. *Zernovoe khozyaystvo Rossii*, 2020;2(68):54–60. doi: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-54-60. EDN PBJYHW (in Russ.).

11. Grabovets A. I., Kadushkina V. P., Kovalenko S. A. Improvement of spring durum wheat selection methodologies under climate change conditions. *Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2019;3:33–36. doi: 10.30850/vrsn/2019/3/33-36. EDN ZHUMCJ (in Russ.).

12. Kazak A. A., Loginov Yu. P. Setting of hybrid grains of spring soft wheat depending on parental varieties, methods and periods of pollination. *Vestnik Irkutskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii*, 2019;90:24–34. EDN YXYUX (in Russ.).

13. Marchenkova L. A., Davydova N. V., Pavlova O. V., Chavdar' R. F., Orlova T. G. Evaluation of soft spring wheat selection material by the artificially-induced stresses resistance. *Vestnik agrarnoy nauki*, 2021;1(88):26–32. doi: 10.17238/issn2587-666X.2021.1.26. EDN OZQTFB (in Russ.).

14. Dospel'khov B. A. *Methodology of the field experiment*, Moscow, Agropromizdat, 1985, 351 p. EDN ZJQBUD (in Russ.).

15. *Methodology of state varietal testing of agricultural crops*, Moscow, Kolos, 1985, 267 p. (in Russ.).

© Асеева Т. А., Зенкина К. В., Ломакина И. В., 2024

Статья поступила в редакцию 26.01.2024; одобрена после рецензирования 19.02.2024; принята к публикации 26.02.2024.

The article was submitted 26.01.2024; approved after reviewing 19.02.2024; accepted for publication 26.02.2024.

Информация об авторах

Асеева Татьяна Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент Российской академии наук, главный научный сотрудник, Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8471-0891>, Author ID: 726527, aseeva59@mail.ru;

Зенкина Кристина Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5774-3580>, Author ID: 960754, polosataya-zebra@mail.ru;

Ломакина Ирина Викторовна, специалист, Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Author ID: 1143307, dvniish_delo@mail.ru

Information about the authors

Tatiana A. Aseeva, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Far Eastern Agricultural Research Institute, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8471-0891>, Author ID: 726527, aseeva59@mail.ru;

Kristina V. Zenkina, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Far Eastern Agricultural Research Institute, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5774-3580>, Author ID: 960754, polosataya-zebra@mail.ru;

Irina V. Lomakina, Specialist, Far Eastern Agricultural Research Institute, Author ID: 1143307, dvniish_delo@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 664:634.74(571.63)

EDN XWBZMX

DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-26-34

Исследование химического состава ягод актинидии аргута (*Actinidia arguta*), произрастающей в Приморском крае

Дарья Алексеевна Медведева¹, Лидия Васильевна Шульгина²

^{1,2} Дальневосточный федеральный университет, Приморский край, Владивосток, Россия

² Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Приморский край, Владивосток, Россия

¹ medvedeva.da@dvfu.ru, ² lvshulgina@mail.ru

Аннотация. Актуальность работы обусловлена необходимостью определения товаро-ведных характеристик сортов ягоды актинидии аргута, произрастающей на территории Приморского края, при ее рациональном использовании. В качестве объектов исследования использованы ягоды актинидии аргута (*Actinidia arguta*) сортов «Ананасная», «Приморская», «Ганибер» и «Иссай», собранные в 2020–2022 гг. на фермерских плантациях Спасского района Приморского края. В работе применены стандартные методики исследований и обработки экспериментальных данных. Масса ягод разных сортов актинидии аргута колебалась в пределах от 3,0 до 10,0 г. При этом ягоды разных сортов близки по срокам наступления фенотипических фаз и органолептическим свойствам, содержанию сухих веществ, сахаров, витамина С. Сбор ягод следует осуществлять одновременно без разделения помологических сортов в виде сортосмеси и направлять на реализацию или промышленную переработку.

Ключевые слова: ягоды актинидии аргута, сорт, химический состав, витамины, пищевая ценность

Для цитирования: Медведева Д. А., Шульгина Л. В. Исследование химического состава ягод актинидии аргута (*Actinidia arguta*), произрастающей в Приморском крае // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 1. С. 26–34. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-26-34.

Original article

Research on chemical composition of *Actinidia arguta* berries growing in Primorsky krai

Daria A. Medvedeva¹, Lydia V. Shulgina²

^{1,2} Far Eastern Federal University, Primorsky krai, Vladivostok, Russian Federation

² Pacific Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Primorsky krai, Vladivostok, Russian Federation

¹ medvedeva.da@dvfu.ru, ² lvshulgina@mail.ru

Abstract. The relevance of the work is due to the need to determine the commodity characteristics of varieties of *Actinidia arguta* berries growing in the Primorsky krai with rational use. The objects of research were *Actinidia arguta* berries of "Ananasnaya", "Primorskaya", "Ganiber" and "Issai" varieties picked on farm plantations in Spassky district of Primorsky krai in 2020–2022. The work used standard methods of research and processing of experimental data. The weight of berries of different varieties of *Actinidia arguta* ranged from 3.0 to 10.0 g. Berries of different varieties are close in terms of the onset of phenotypic phases and organoleptic properties, content of

dry matter, sugars, vitamin C. Berry picking should be carried out simultaneously in the form of a variety mixture without separating pomological varieties and sent for sale or industrial processing.

Keywords: *Actinidia arguta* berries, variety, chemical composition, vitamins, nutritional value

For citation: Medvedeva D. A., Shulgina L. V. Research on chemical composition of *Actinidia arguta* berries growing in Primorsky krai. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2024;18;1:26–34. (in Russ.). doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-26-34.

Введение. Согласно Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года, одной из основных задач является производство пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками качества и отвечающей принципам здорового питания. Она продиктована необходимостью создания и активного внедрения в структуру питания полезных для здоровья продуктов массового потребления, благодаря наличию в их составе физиологически ценных нутриентов, восполняющих дефицит пищевых, а также минорных эссенциальных веществ, выступающих в качестве эффективного инструмента защиты организма от негативных биологических и техногенных воздействий.

Для создания новых продуктов здорового питания, содержащих функциональные ингредиенты и снижающих дефицит отдельных веществ, необходимо рационально использовать региональные ресурсы. Источниками комплекса жизненно важных веществ являются ягоды, в том числе актинидия аргута (*Actinidia arguta*) [1, 8, 15]. На территории Приморского края высокой урожайностью характеризуются несколько ее сортов («Ананасная», «Приморская», «Ганибер» и «Иссаи»). Однако, до настоящего времени актинидия аргута является малоизученным объектом и остается за пределами внимания для промышленного сбора, переработки и реализации в торговой сети. Использование этого плодового сырья может способствовать увеличению сырьевой базы для производства продуктов питания, частично заменить искусственные химические добавки и заменители, снизить транспортные издержки в логистике ягодного сырья.

Цель исследований заключается в изучении химического состава ягод актинидии аргута (*Actinidia arguta*) сортов «Ананасная», «Приморская», «Ганибер» и

«Иссаи», произрастающих на территории Приморского края.

Материалы и методика исследований. Объектом исследования являлись свежие ягоды актинидии аргута (*Actinidia arguta*) сортов «Ананасная», «Приморская», «Ганибер» и «Иссаи». Предмет исследований – пищевая ценность и качественные характеристики данных ягод. Материал исследования – ягодная продукция, выращиваемая на фермерских плантациях Спасского района Приморского края. Указанные сорта актинидии аргута представлены на рисунке 1.

Сбор ягод актинидии аргута осуществлялся в фермерских хозяйствах в сентябре с разделением помологических сортов на технической стадии зрелости. В данной работе приведены результаты исследований ягод актинидии аргута, выполненных в течение 2020–2022 гг.

Исследование пищевой ценности ягод осуществляли по соответствующим методам, изложенным в нормативно-правовых документах, справочных источниках и методических указаниях.

В качестве методов исследования использовались следующие:

1) содержание витамина С определяли титриметрическим методом согласно требованиям ГОСТ 24556–89 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С»;

2) содержание Р-активных веществ в перерасчете на рутин определяли спектрофотометрическим методом в соответствии с ГОСТ Р 55312–2012 «Прополис. Метод определения флавоноидных соединений»;

3) содержание пектиновых веществ в ягодах – согласно ГОСТ 29059–91 «Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ»;

4) содержание сахаров – в соответствии с ГОСТ 8756.13–87 «Продукты



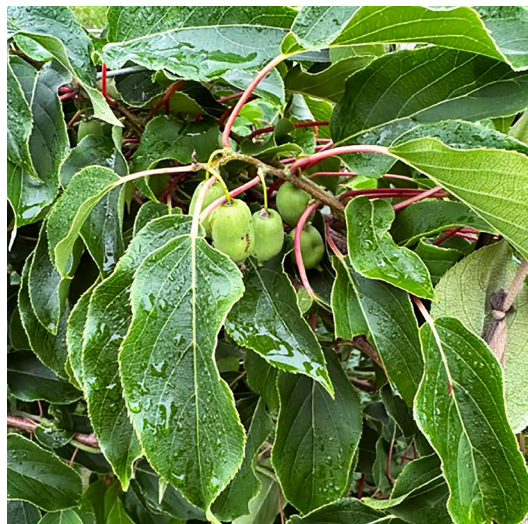
а)



б)



в)



г)

а) сорт «Ананасная»; б) сорт «Приморская»; в) сорт «Ганибер»; г) сорт «Иссаи»

Рисунок 1 – Вид растений и ягод актинидии аргута (*Actinidia arguta*)

a) "Ananasnaya" variety; b) "Primorskaya" variety; c) "Ganiber" variety; d) "Issai" variety

Figure 1 – Species of plants and berries of *Actinidia arguta*

переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров»;

5) сухие вещества определяли термogrавиметрическим методом по требованиям ГОСТ 28561–90 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги»;

6) содержание титруемой кислотности устанавливали потенциометрическим титрованием в соответствии с требованиями ГОСТ ISO 750–2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности»;

7) содержание золы определяли согласно ГОСТ 25555.4–91 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы и щелочности общей и водорастворимой золы»;

8) содержание кальция и магния определяли комплексонометрическим методом [2], фосфора – методом Дениже [3], железа – по ГОСТ 26928–86 «Продукты пищевые. Метод определения железа».

Органолептическую оценку осуществляли по 5-балльной системе [4]. Энергетическую ценность продукции устанавливали расчетным методом [5].

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты исследований химического состава ягод представлены в таблице 1. Как видно, содержание витамина С в ягодах актинидии аргута различных сортов варьирует от 104,3 до 223,8 мг%, причем самое высокое содержание отмечается в плодах сорта «Приморская», а низкое – в ягодах сорта «Ганибер».

Аскорбиновая кислота относится к группе неферментных антиоксидантов. Она активизирует биосинтез кортикоидных гормонов, ответственных за адаптивные реакции организма, обуславливая антистрессорное влияние; тормозит процессы перекисного окисления липидов, с чем связан мембраностабилизирующий эффект; имеет капилляроукрепляющий эффект (который реализуется путем того, что витамин С существенно влияет на формирование коллагеновых волокон сосудов, кожи, костной ткани и зубов); способствует усвоению железа и нормализует процессы кроветворения, а также участвует в окислительно-восстановительных реакциях, функционировании иммунной системы.

Согласно Нормам физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации, утвержденных Роспотребнадзором (2021 г.), физиологическая потребность для взрослых в аскорбиновой кислоте составляет 100 мг/сутки.

По полученным данным, наименьшее содержание Р-активных веществ, основными представителями которых являются флавоноиды, включая рутин, в ягодах актинидии аргута было отмечено у сорта «Ганибер» – 20,5 мг%, а максимальное у сорта «Ананасная» – 26,1 мг%. Физиологическая роль рутина сводится в регуляции защитно-адаптационного потенциала организма, он обладает антиоксидантным действием.

Содержание пектиновых веществ в ягодах актинидии аргута, произрастающей в Приморском крае, сопоставимы с имеющимися в литературе данными [1], однако имеет место некоторое их превышение в ягодах приморских сортов. Известно, что пектиновые вещества способны оказывать опосредованное влияние на метаболизм холестерина и липидов (липопротеины низкой плотности и триглицериды); на гликемическую нагрузку пищи, уровень глюкозы и инсулина; проявлять пребиотическое действие; связывать и выводить тяжелые металлы [6].

Общее содержание сахаров в исследуемых ягодах изменяется в пределах от 9,2 до 10,7 %, что сопоставимо с данными по содержанию сахаров в ягодах актинидии, представленными в работах [1, 8, 15].

Известно, что на содержание растворимых сухих веществ большое влияние оказывают климатические условия зоны произрастания [4]. Приведенные в таблице 1 данные показали, что массовая доля растворимых сухих веществ ягод различных сортов актинидии аргута, произрастающей в Приморском крае, варьирует в пределах от 18,1 до 21,3 %. По-видимому, условия произрастания этих растений являются благоприятными.

Сухие вещества ягод актинидии в основном представлены сахарами (преимущественно глюкозой и фруктозой, в незначительном количестве – сахарозой).

Кислый вкус плодов и ягод обусловлен наличием свободных форм кислот

Таблица 1 – Химический состав ягод разных сортов актинидии аргута, произрастающей в Приморском крае**Table 1 – Chemical composition of berries of different varieties of *Actinidia arguta* growing in Primorsky krai**

Показатель	Сорт актинидии аргута			
	Ананасная	Приморская	Ганибер	Иссаи
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	19,9±0,15	18,1±0,15	20,6±0,15	21,3±0,15
Массовая доля сахаров, %	9,9±0,15	10,2±0,15	10,7±0,15	9,2±0,15
Массовая доля титруемых кислот, %	1,4±0,10	1,8±0,10	2,1±0,10	2,8±0,10
Массовая доля пектиновых веществ, %	1,5±0,10	1,6±0,10	1,6±0,10	1,7±0,10
Массовая доля витамина С, мг%	168,6±0,15	223,8±0,15	104,3±0,15	186,7±0,15
Массовая доля Р-активных веществ, мг% (рутин)	26,1±0,05	22,6±0,05	20,5±0,05	21,3±0,05
Массовая доля золы, %	0,79±0,05	0,75±0,05	0,68±0,05	0,71±0,05
Массовая доля кальция, мг%	4,16±0,10	4,24±0,10	4,29±0,1	4,54±0,10
Массовая доля магния, мг%	1,7±0,10	1,5±0,10	2,1±0,10	2,3±0,10
Массовая доля фосфора, мг%	46,6±0,10	44,2±0,10	47,6±0,10	51,6±0,10
Массовая доля железа, мг%	0,21±0,10	0,23±0,10	0,19±0,10	0,17±0,10

(называемых титруемыми). Органические кислоты в актинидии представлены преимущественно яблочной, лимонной и щавелевой кислотами, которые участвуют в формировании приятного кисловатого вкуса ягод. Их содержание варьирует в пределах от 1,4 до 2,8 % и превышает уровень содержания в ягодах, выращиваемых в другой местности [1, 8, 9, 10, 11, 12].

Согласно исследованиям [1, 8, 9, 10, 11, 12], в ягодах актинидии аргута содержание минеральных веществ составляет 0,68–0,79 %. Основные минеральные вещества представлены солями кальция, фосфора, магния и железа, которые находятся в легко усвояемой форме в оптимальных для организма соотношениях. Однако содержание таких элементов, как кальций, фосфор, магний и железо в ягодах актинидии незначительно по сравнению с рекомендуемой нормой потребления. Их доля от среднесуточной потребности для взрослого человека составляет всего 0,4–6,7 %.

Энергетическая ценность исследуемых ягод актинидии достигает в среднем 40 ккал на 100 грамм.

Нами проведены исследования массы ягод актинидии аргута в зависимости

от ее сорта. Установлено, что масса ягод разных сортов колебалась в пределах от 3,0 до 10,0 г. К числу наиболее крупноплодных относятся сорта «Ганибер» и «Приморская», имеющие среднюю массу ягод более 5,0 г (причем максимальная масса составляет 5,5–10,0 г). Другие сорта («Ананасная» и «Иссаи») имеют ягоды средней величины (3,0–4,0 г).

В зависимости от года отмечалась некоторая изменчивость средней массы ягод актинидии аргута (табл. 2). У сортов «Ананасная» и «Ганибер» коэффициент вариации массы ягод (V) был незначительный и составил 1,4–1,9 %. Средней изменчивостью этого признака характеризовались сорта «Приморская» и «Иссаи» с коэффициентом вариации 7,1–8,1 %.

В таблице 3 представлены результаты исследований органолептических характеристик сортосмеси ягод актинидии аргута.

В каждой партии сортосмеси с незначительными дефектами формы и окраски, незначительными вмятинами, небольшими бугорками отмечалось 1,13±0,52 % массовой доли ягод (табл. 4).

Таблица 2 – Масса ягод сортов актинидии аргута
Table 2 – Weight of berries of *Actinidia arguta* varieties

Сорта	Масса ягод, г			Средняя масса, г	V, %	Min, г	Max, г
	2020 г.	2021 г.	2022 г.				
Ананасная	2,9	3,2	3,2	3,1	1,9	2,7	3,7
Приморская	7,3	8,1	8,3	7,9	7,1	7,1	8,4
Ганибер	9,5	10,0	9,6	9,7	1,4	9,1	10,5
Иссаи	3,6	4,2	3,5	3,7	8,1	2,4	4,8

Таблица 3 – Органолептические показатели качества ягод актинидии аргута, произрастающих в Приморском крае

Table 3 – Organoleptic quality indicators of *Actinidia arguta* berries growing in Primorsky krai

Показатель	Фактическая характеристика
Внешний вид	ягоды свежие, чистые, здоровые, потребительской зрелости; окраска от розового до зеленого (густо-зеленого) цветов; без излишней внешней влажности; форма – овально-цилиндрическая, вытянутая к основанию
Запах и вкус	заметный запах ягод актинидии аргута; вкус свойственный, преимущественно кисло-сладкий; посторонние запахи и привкусы отсутствуют
Внутреннее строение	мякоть твердая, сочная, упругая, без повреждений
Степень зрелости	однородная

Таблица 4 – Физические показатели качества сортосмеси ягод актинидии аргута, произрастающей в Приморском крае

Table 4 – Physical indicators of quality of variety mixture of *Actinidia arguta* berries growing in Primorsky krai

Показатель	Характеристика
Массовая доля плодов с незначительными дефектами формы и окраски; с незначительными вмятинами, небольшими бугорками, %	1,13±0,52
Массовая доля плодов с поверхностными дефектами кожицы, общая площадь которых не более 1 см, %	0,39±0,11
Массовая доля плодов с дефектами кожицы в виде зарубцевавшихся трещин или поцарапанной (содранной) ткани, общая площадь которых не более 2 см, %	отсутствуют
Массовая доля плодов увядших, мягких, водянистых, перезрелых, заплесневевших, загнивших, поврежденных насекомыми-вредителями; с механическими повреждениями, с поврежденной мякотью, с излишней внешней влажностью, %	отсутствуют
Массовая доля сросшихся плодов, %	отсутствуют

Поверхностные дефекты кожицы были установлены у 0,39±0,11 % ягод актинидии аргута.

Показатели безопасности ягод актинидии аргута, произрастающей на фермерских плантациях Приморского края, приведены в таблице 5.

Как видно, по микробиологическим показателям и гигиеническим требованиям безопасности данные ягоды соответствуют нормам Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Таблица 5 – Показатели безопасности ягод актинидии аргута
Table 5 – Safety indicators of *Actinidia arguta* berries

Наименование показателя	Значения показателя	
	по ТР ТС 021/2011	фактические
Токсичные элементы, мг/кг		
Свинец	0,40	0,025±0,010
Кадмий	0,03	0,003±0,001
Ртуть	0,02	<0,003
Мышьяк	0,20	<0,020
Микотоксины, мг/кг		
Афлатоксин В ₁	–	<0,0001
Пестициды, мг/кг		
ГХЦГ (α-, β-, γ-изомеры)	0,05	<0,02
ДДТ, ДДД, ДДЕ	0,1	<0,04
Радионуклиды, Бк/кг (л)		
Удельная активность цезия-137	160	0
Удельная активность стронция-90	–	–
Микробиологические показатели		
Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г (не более)	5×10 ⁴	5,3×10 ² ±2,1×10 ²
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), г	не допускаются	отсутствуют
<i>S. aureus</i> , г	не допускаются	отсутствуют
Плесени, КОЕ/г	не более 500	1,0×10 ² ±0,2×10 ²
Дрожжи, КОЕ/г	не более 500	6,1×10±0,7×10

Закключение. По результатам исследований установлено, что содержание биологически активных компонентов в ягодах актинидии аргута, произрастающей на территории Приморского края, позволяет использовать ее для технологической переработки с целью получения как готовых продуктов, так и полуфабрикатов для пищевой промышленности. Для переработки следует использовать сорта, наиболее богатые витаминами, пектиновыми веществами, флавоноидами и сахарами.

Определено, что в ягодах актинидии аргута, произрастающей в Приморском крае, содержание сухих веществ достигает от 18,1 до 21,3 %; органических кислот – от 1,4 до 2,8 %; сахаров – от 9,2 до 10,7 % (среди которых основными являются глюкоза и фруктоза). По данным показателям эти ягоды незначительно

превосходят виды актинидий, выращиваемых в других регионах.

Ягоды актинидии аргута по показателям безопасности соответствуют требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Полученные данные по характеристике сортосмеси ягод актинидии аргута, произрастающей в условиях Приморского края, использованы при разработке регламентирующих показателей и нормативных документов «Актинидия аргута свежая и мороженая. Технические условия».

Промышленные партии данных ягод, соответствующие данным техническим условиям, могут быть реализованы потребителям и использоваться для выработки разнообразных продуктов питания.

Список источников

1. Колбасина Э. И. Актинидия, лимонник. М. : Никола-Пресс, 2007. 176 с.
2. Чистякова А. С., Гудкова А. А., Тринеева О. В., Сорокина А. А., Васильева С. А. Разработка и валидация комплексометрической методики определения кальция и магния в лекарственном растительном сырье (на примере травы *Persicaria maculosa* Gray) // Химия растительного сырья. 2020. № 3. С. 155–162. EDN SAJJHT.
3. Определение фосфатов в пищевых продуктах и продовольственном сырье : методические указания. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. 11 с.
4. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огольцовой. Орел : Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 1999. 608 с. EDN YHAOZT.
5. Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. М. : ДеЛиПринт, 2002. 236 с.
6. Донченко Л. В., Фирсов Г. Г. Пектин: основные свойства, производство и применение. М. : ДеЛиПринт, 2007. 275 с. EDN QKPTEZ.
7. Титлянов А. А. Актинидии и лимонник. Владивосток : Дальневосточное книжное издательство, 1969. 175 с.
8. Блишников О. М., Елисеева Л. Г., Ковешникова Е. Ю. Ягоды актинидии – уникальный источник биологически активных веществ // Пищевая промышленность. 2014. № 6. С. 19–21.
9. Latocha P., Krupa T., Wołosiak R., Worobiej E., Wilczak J. Antioxidant activity and chemical difference in fruit of different *Actinidia* sp. // International Journal of Food Sciences and Nutrition. 2010. Vol. 61. No. 4. P. 381–394. <https://doi.org/10.3109/09637480903517788>.
10. Paulauskienė A., Taraseviciene, Ž., Žebrauskienė A. Amino acid composition of kolomikta actinidia (*Actinidia kolomikta* (Maxim. & Rupr.) Maxim) fruits of Lithuanian origin // Zemdirbyste-Agriculture. 2014. Vol. 101. No. 1. P. 79–84.
11. Latocha P. *Actinidia arguta* – a valuable species with high ornamental value and production potential // Yearbook of the Polish Dendrological Society. 2019. Vol. 67. P. 61–68.
12. Latocha P. The nutritional and health benefits of kiwiberry (*Actinidia arguta*) – a review // Plant Foods for Human Nutrition. 2017. Vol. 72. P. 325–334. <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0637-y>.
13. Влазнева Л. Н. Создание продуктов здорового питания с функциональной направленностью на основе плодов и ягод : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Мичуринск, 2011. 23 с. EDN QHJKGL.
14. Курагодникова Г. А. Комплексная хозяйственно-биологическая оценка сортов актинидии в Центрально-Черноземном районе : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Мичуринск, 2009. 23 с. EDN NLDHZZ.

References

1. Kolbasina E. I. *Actinidia, lemongrass*, Moscow, Nikola-Press, 2007, 176 p. (in Russ.).
2. Chistyakova A. S., Gudkova A. A., Trineeva O. V., Sorokina A. A., Vasileva S. A. Development and validation of a complexometric method for determining calcium and magnesium in medicinal plant materials (using the example of the herb *Persicaria maculosa* Gray). *Himiya rastitel'nogo syr'ya*, 2020;3:155–162 EDN SAJJHT (in Russ.).
3. *Determination of phosphates in food products and food raw materials: methodical instructions*, Moscow, Rospotrebnadzor, 2014, 11 p. (in Russ.).
4. Sedov E. N., Tutelyan V. A. (Eds.). *Program and methods of variety investigation of fruit, berry and nut crops*, Orel, Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut selektsii plodovykh kul'tur, 1999, 608 p. EDN YHAOZT (in Russ.).
5. Skurikhin I. M., Tutelyan V. A. (Eds.). *Chemical composition of Russian food products: reference*, Moscow, DeLiPrint, 2002, 236 p. (in Russ.).
6. Donchenko L. V., Firsov G. G. *Pectin: basic properties, production and application*, Moscow, DeLiPrint, 2007, 257 p. EDN QKPTEZ (in Russ.).

7. Titlyanov A. A. *Actinidia and lemongrass*, Vladivostok, Dal'nevostochnoe knizhnoe izdatel'stvo, 1969, 175 p. (in Russ.).
8. Blinnikova O. M., Eliseeva L. G., Koveshnikova E. Yu. Actinidia's berries are an unique source of biologically active substances. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2014;6,19–21. (in Russ.).
9. Latocha P., Krupa T., Wołosiak R., Worobiej E., Wilczak J. Antioxidant activity and chemical difference in fruit of different *Actinidia sp.* International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2010;61;4:381–394. <https://doi.org/10.3109/09637480903517788>.
10. Paulauskienė A., Taraseviciene, Ž., Žebrauskienė A. Amino acid composition of kolomikta actinidia (*Actinidia kolomikta* (Maxim. & Rupr.) Maxim) fruits of Lithuanian origin. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2014;101;1:79–84.
11. Latocha P. Actinidia arguta – a valuable species with high ornamental value and production potential. *Yearbook of the Polish Dendrological Society*, 2019;67:61–68.
12. Latocha P. The nutritional and health benefits of kiwiberry (*Actinidia arguta*) – a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2017;72:325–334. <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0637-y>.
13. Vlazneva L. N. Creation of healthy food products with a functional focus based on fruits and berries. *Extended abstract of candidate's thesis*. Michurinsk, 2011. 23 p. EDN QHJKGL (in Russ.).
14. Kuragodnikova G. A. Comprehensive economic and biological assessment of actinidia varieties in the Central Chernozem region. *Extended abstract of candidate's thesis*. Michurinsk, 2009. 23 p. EDN NLDHZZ (in Russ.).

© Медведева Д. А., Шульгина Л. В., 2024

Статья поступила в редакцию 22.01.2024; одобрена после рецензирования 22.02.2024; принята к публикации 26.02.2024.

The article was submitted 22.01.2024; approved after reviewing 22.02.2024; accepted for publication 26.02.2024.

Информация об авторах

Медведева Дарья Алексеевна, аспирант, Дальневосточный федеральный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1972-313X>, Author ID: 1223050, medvedeva.da@dyfu.ru;

Шульгина Лидия Васильевна, доктор биологических наук, профессор кафедры пищевой и клеточной инженерии, Дальневосточный федеральный университет; заведующая лабораторией технологии переработки гидробионтов, Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1767-0129>, Author ID: 484469, lvshulgina@mail.ru

Information about authors

Daria A. Medvedeva, Postgraduate Student, Far Eastern Federal University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1972-313X>, Author ID: 1223050, medvedeva.da@dyfu.ru;

Lydia V. Shulgina, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Food and Cellular Engineering, Far Eastern Federal University; Head of the Laboratory of Hydrobiont Processing Technology, Pacific Branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1767-0129>, Author ID: 484469, lvshulgina@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 633.853.494:631.862

EDN YJGOQR

DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-35-46

Влияние свиного навоза жидкой фракции на формирование элементов продуктивности в агрофитоценозе озимого рапсаСветлана Анатольевна Терещенко¹, Лилия Дмитриевна Мудрова²^{1,2} Калининградский государственный технический университет

Калининградская область, Калининград, Россия

¹ svetlana.tereschenko@klgtu.ru, ² mudrova1996@inbox.ru

Аннотация. Целью исследований является изучение влияния внесения жидкой фракции свиного навоза на продуктивность озимого рапса в условиях Калининградской области. В статье рассмотрены результаты исследований, проведенных в 2018–2022 гг. в условиях Правдинского муниципального округа Калининградской области, по влиянию внесения свиного навоза жидкой фракции на качество перезимовки растений озимого рапса, элементы продуктивности (количество продуктивных стеблей, вес семян на одно растение) и урожайность семян. В качестве объектов исследований были взяты гибриды Мерседес и Висби, районированные для Северо-Западного региона России. В период исследований проводили наблюдения за перезимовкой растений озимого рапса, а также подсчет количества растений на одном квадратном метре перед наступлением зимнего периода и в ранне-весенний период (после начала отрастания растений), расчет процента перезимовавших растений. В вариантах с внесением органических удобрений в большинстве случаев процент перезимовавших растений в среднем на 1–5 % выше по сравнению с контролем. Оценка результатов исследований также показала увеличение количества продуктивных стеблей растений озимого рапса на 1–3 шт. в вариантах с внесением жидкой фракции свиного навоза по сравнению с контролем на обоих гибридах. Масса семян, собранных с одного растения, достоверно больше в вариантах с внесением жидкой фракции навоза свиней на протяжении всего периода исследований. Проведенный анализ урожайности показал, что в контрольных вариантах значения ниже по сравнению с вариантами, где в качестве удобрения использовалась жидкая фракция навоза свиней. Прибавка урожайности у гибрида Мерседес составила по годам исследования от 36 до 79 %, у гибрида Висби – от 43 до 84 %. Соответственно внесение жидкой фракции навоза свиней позволит увеличить урожайность в 1,5–2,0 раза.

Ключевые слова: озимый рапс, свиной навоз, жидкая фракция, густота стеблестоя, перезимовка, продуктивные побеги, масса семян, урожайность

Для цитирования: Терещенко С. А., Мудрова Л. Д. Влияние свиного навоза жидкой фракции на формирование элементов продуктивности в агрофитоценозе озимого рапса // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 1. С. 35–46. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-35-46.

Original article

Effect of liquid fraction pig manure on productivity element formation in the agrophytocenosis of winter rapeseedSvetlana A. Tereshchenko¹, Lilia D. Mudrova²^{1,2} Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad region, Kaliningrad, Russian Federation¹ svetlana.tereschenko@klgtu.ru, ² mudrova1996@inbox.ru

Abstract. The purpose of the research is to study the effect of introduction the liquid fraction of pig manure on the productivity of winter rapeseed in the conditions of the Kaliningrad

region. The article discusses the results of research conducted in 2018–2022 in the conditions of Pravdinsky municipal district, Kaliningrad region, on the effect of applying pig manure of liquid fraction on the quality of overwintering of winter rapeseed plants, productivity elements (number of productive stems, weight of seeds per plant) and seed yield. Mercedes and Visby hybrids, zoned for North-West region of Russia, were taken as research objects. During the research period, we observed the overwintering of winter rapeseed plants and counted the number of plants per 1 m² before the onset of the winter period and in early spring, after the plants began to grow, and calculated the percentage of overwintered plants. In variants with the application of organic fertilizers, in most cases, the percentage of overwintered plants was on average 1–5% higher compared to the control. An evaluation of the research results also showed an increase in the number of productive stems of winter rapeseed plants by 1–3 pcs. in variants with the introduction of the liquid fraction of pig manure compared to the control on both hybrids. The mass of seeds collected from one plant was significantly greater in the variants with the introduction of the liquid fraction of pig manure throughout the entire study period. The analysis of yield showed that in the control options the values were lower compared to the options where the liquid fraction of pig manure was used as fertilizer. The increase in yield for Mercedes hybrid ranged from 36 to 79% over the years of research, for Visby hybrid – from 43 to 84%. Accordingly, the introduction of the liquid fraction of pig manure will increase the yield by 1.5–2.0 times.

Keywords: winter rapeseed, pig manure, liquid fraction, stem density, overwintering, productive shoots, seed weight, yield

For citation: Tereshchenko S. A., Mudrova L. D. Effect of liquid fraction pig manure on productivity element formation in the agrophytocenosis of winter rapeseed. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2024;18;1:35–46. (in Russ.). doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-35-46.

Введение. Озимый рапс – ценная масличная и кормовая культура. По пищевым и кормовым достоинствам он значительно превосходит многие сельскохозяйственные культуры. В семенах рапса содержится 35–45 % масла, до 30 % белка; в зеленой массе – 3–4 % белка [1, 2].

Производимое из семян озимого рапса сырье является высококалорийным продуктом, который широко используется в пищевых и косметических производствах. Также его применяют в химической и энергетической промышленности. Рапсовое масло содержит ненасыщенные кислоты (олеиновую, линоленовую, линолевую) и по вкусу приравнивается к оливковому. В энергетической промышленности масло рассматривается как один из основных вариантов биотоплива [2].

В мировом сельскохозяйственном производстве на долю рапса приходится 8–10 % (около 10 млн. га) от общей площади посевов культур [3]. На территории России, по данным Росстата, посевные площади озимого рапса в 2023 г. занимали 526 тыс. га, из них в Северо-Западном федеральном округе – 55,7 тыс. га, что составляет 10,6 % от общих посевных площадей. В Калининградской области озимый рапс – одна из ведущих культур,

ее посевные площади в 2023 г. составили 48,8 тыс. га [4].

При правильной обработке почвы и выращивании районированных сортов или гибридов урожайность озимого рапса варьирует от 1,5 до 5,0 т/га, и в среднем составляет 2,8 т/га [1].

При возделывании озимого рапса в Калининградской области нередко возникают трудности с перезимовкой, вследствие природно-климатических особенностей региона. Значительные поражения корневой системы, точки роста или полная гибель озимого рапса возможны от вымерзания и образования притертой ледяной корки, вследствие чередования оттепелей и заморозков, а также отсутствия снежного покрова на полях.

С агротехнической точки зрения озимый рапс является хорошим предшественником для зерновых культур, с гарантированной прибавкой урожая зерна, составляющей 10–15 % (без дополнительных затрат). Культура рано освобождает поле, улучшает структуру почвы и уменьшает засоренность [5–7].

Производство семян озимого рапса в Калининградской области экономически выгодно, так как существует высокий спрос на масличное сырье как на внутрен-

нем, так и на международном рынках, и, следовательно, площади возделывания этой культуры с каждым годом будут возрастать [7].

В условиях Калининградской области в последние два десятилетия получило развитие свиноводческое производство, что делает актуальным возможность использования свиного навоза на посевных площадях сельскохозяйственных культур, в том числе озимого рапса.

Большая часть общего азота в бесподстилочном навозе свиней представлена в аммиачной форме и легко используется растениями. Фосфор навоза, входящий в состав органических соединений, меньше закрепляется в почве по сравнению с фосфором минеральных удобрений и лучше усваивается культурами. Калий также легко потребляется растениями, потому что представлен в растворимой форме. В связи с этим жидкий навоз и особенно его жидкая фракция, по сравнению с твердыми видами удобрений, отличается быстрым действием [8].

Свиной навоз как органическое удобрение обогащает почву питательными веществами, уменьшает плотность ее сложения, положительно сказывается на физико-химических свойствах почвы, а также на ее водно-воздушном режиме. Также навоз способствует активизации деятельности почвенных микроорганизмов, улучшает снабжение растений углекислым газом [8].

Однако навоз свиней обладает очень неприятным запахом, что приводит к отказу его использования вблизи населенных пунктов. В настоящее время за счет использования передовых технологий внесения свиного навоза, позволяющих практически полностью убрать данный недостаток, создается возможность использовать навоз свиней вне зависимости от расположения населенных пунктов.

Таким образом, изучение влияния свиного навоза жидкой фракции на элементы продуктивности озимого рапса позволит дать практические рекомендации для производителей этой культуры в Калининградской области.

Цель работы – изучение влияния внесения жидкой фракции свиного навоза на продуктивность озимого рапса в условиях Калининградской области.

Для достижения поставленной цели нами поставлены и решены следующие задачи: 1) определить влияние навоза свиной жидкой фракции на перезимовку озимого рапса; 2) изучить влияние свиного навоза на продуктивность растений озимого рапса.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили на территории АО «Правдинское СвиноПроизводство», расположенного в Правдинском муниципальном округе Калининградской области в период с 2018 по 2022 гг.

Объектами исследований стали посеы озимого рапса двух гибридов: Мерседес (Mercedes) и Висби (Visby), районированных в Северо-Западном регионе. Почвы опытных участков – дерново-подзолистые среднесуглинистые. Данные участки были подобраны с близкими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,6 %; кислотность – 5,4; содержание элементов питания в среднем (в граммах на килограмм почвы): фосфор – 65,0; калий – 250,1; сера – 55,0; кальций – 81,0, магний – 19,7 [9].

Был заложен двухфакторный микроремонтный опыт в четырех вариантах и 10-кратной повторности, со схемой, представленной в таблице 1. Учетная площадь каждого варианта составляла 100 м².

Систему обработки почвы подобрали с учетом почвенных показателей и залегания корневой системы озимого рапса. Для этой культуры очень важно, чтобы поверхность поля была ровной и мелкокомковатой. В системе обработки применяли вспашку на глубину 25–26 см; затем проводили тщательную предпосевную культивацию на глубину посева семян (5–6 см) с целью создания качественно подготовленного разрыхленного семенного ложе и оптимальных условий для роста и развития растений озимого рапса.

Посев проводился в оптимальные для Калининградской области сроки (с 16 по 22 августа) с последующим прикатыванием, что обеспечивало появление дружных всходов, предотвращая изреженность посевов.

Жидкую фракцию свиного навоза вносили внутрпочвенно, с помощью прицепного инжектора. Инжектор представляет собой дисковые бороны, предназначенные для внутрпочвенного внесения

Таблица 1 – Схема опыта
Table 1 – Experiment scheme

Вариант	Гибрид	Использование удобрений
I	Мерседес	контроль, без внесения органических удобрений
II	Мерседес	с внесением жидкой фракции свиного навоза в дозе 25 т/га
III	Висби	контроль, без внесения органических удобрений
IV	Висби	с внесением жидкой фракции свиного навоза в дозе 25 т/га

жидких органических удобрений, а также поверхностной обработки почвы, уничтожения сорняков и измельчения пожнивных остатков. Жидкое органическое удобрение к инжектору подается в шланговых системах из лагун. За счет равномерного перемешивания земли с растительными остатками происходит заделка удобрения на глубину 15–20 см. Предпосевную культивацию проводили за два дня до посева озимого рапса.

В период исследований вели наблюдения за показателями температуры, распределением осадков и неблагоприятными условиями в период роста и развития культур, влияющими на продуктивность растений озимого рапса. Распределение температуры и осадков с 2018 по 2022 гг. приведено в таблице 2.

По данным приведенной таблицы можно отметить, что в период исследований зимние месяцы были теплыми с незначительными отрицательными температурами. Летние месяцы соответствовали средним многолетним показателям температуры. С учетом среднегодовых показателей температуры, наименьшие ее значения отмечали в 2021 г., наивысшие – в 2020 г. В период исследований наиболее влажным стал 2019 г. (783 мм), с максимальным количеством осадков в сентябре (133 мм); наиболее сухим оказался 2022 г. (606 мм).

Следует отметить, что в Калининградской области в поздний осенний, зимний и ранний весенний периоды отмечаются дни со значительным повышением скорости ветра (выше 15–20 м/с), что может привести к повреждению растений озимого рапса.

Определение общего состояния растений и посевов в общем помогает более точно определить влияние органических удобрений на урожайность озимого рапса. Сроком прекращения осенней вегетации

озимых культур является дата перехода среднесуточной температуры воздуха для озимого рапса через 4 °С. При этом следует пользоваться данными ближайшей к району исследований метеостанции. Возобновление вегетации озимых культур весной приходится на время, когда начинают отрастать листья, срезанные сразу после таяния снега.

Общее состояние посевов оценивали визуально в основные стадии развития выращиваемых культур. Также оценку посевов проводили после различных стихийных явлений – резкого снижения температуры воздуха, града, ливня и др.

Для оценки влияния органических удобрений на продуктивность озимого рапса определяли густоту стояния растений до и после перезимовки. Проводили измерения высоты растений, определяли количество побегов и количество стручков на растениях. Выполняли подсчет количества семян в стручке и вычисляли массу семян на одно растение.

Статистическую обработку результатов исследований проводили с помощью табличного процессора Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Погодные условия, наблюдаемые в вегетационные периоды в течении всего времени исследований, обеспечили дружные всходы.

Ежегодно, в течение каждого вегетационного периода, исследования сопровождали наблюдениями роста и развития растений озимого рапса по стадиям развития (по классификации ВВСН). Данные представлены в таблице 3.

По данным таблицы видно, что посев на всех вариантах проводили в оптимальные сроки для Калининградской области (16–22 августа); наиболее ранний срок посева провели в 2020 г. – 16 августа; наиболее поздний – в 2021 г. – 22 августа.

**Таблица 2 – Распределение температуры и осадков в течении периода наблюдений
Table 2 – Distribution of temperature and precipitation during the observation period**

Месяц	Годы наблюдений											
	2018		2019		2020		2021		2022			
	температура, °C	кол-во осадков, мм	температура, °C	кол-во осадков, мм	температура, °C	кол-во осадков, мм	температура, °C	кол-во осадков, мм	температура, °C	кол-во осадков, мм	температура, °C	кол-во осадков, мм
Январь	-0,1	79	-1,8	84	3,9	79	-2,1	63	1,3	93		
Февраль	-4,2	22	2,7	37	3,9	79	-3,5	11	2,7	82		
Март	-0,7	19	4,6	56	4,6	48	2,7	46	2,5	0,4		
Апрель	10,8	44	9,2	4	8,1	9	6,0	24	6,5	23		
Май	16,4	35	12,1	58	10,8	86	11,4	123	11,3	61		
Июнь	17,5	34	20,5	65	18,2	94	18,7	27	17,0	93		
Июль	20,4	95	17,6	79	17,3	66	21,3	84	17,6	51		
Август	19,5	67	18,7	68	18,6	46	16,4	118	20,7	39		
Сентябрь	15,1	43	13,8	133	14,9	34	12,7	25	11,3	39		
Октябрь	9,7	62	10,3	93	10,3	95	8,8	51	11,0	33		
Ноябрь	4,2	30	5,7	51	6,2	49	5,1	71	4,1	16		
Декабрь	1,4	85	3,6	55	1,6	46	-1,7	43	-1,0	77		
Средняя температура (сумма осадков)	9,2	616	9,8	783	9,9	730	8,0	684	8,8	606		

Таблица 3 – Наблюдения наступления стадий роста и развития растений озимого рапса по вегетационным периодам в период исследований (2018–2022 гг.)

Table 3 – Observations of growth stages and development of winter rapeseed plants by growing season during the study period (2018–2022)

Код	Стадии	Даты наступления по годам исследований			
		2018–2019	2019–2020	2020–2021	2021–2022
<i>Макростадия 0: прорастание</i>					
00	Сухое семя	17.08.2018	19.08.2019	16.08.2020	22.08.2021
01	Начало набухания семени	19.08.2018	21.08.2019	19.08.2020	23.08.2021
03	Конец набухания семени	21.08.2018	23.08.2019	21.08.2020	26.08.2021
05	Выход зародышевого корешка из семени	22.08.2018	25.08.2019	23.08.2020	30.08.2021
07	Гипокотиль и семядоли пробили семенную оболочку	25.08.2018	28.08.2019	26.08.2020	03.08.2021
08	Гипокотиль и семядоли растут на поверхности почвы	27.08.2018	30.08.2019	28.08.2020	05.08.2021
09	Лестницы: семядоли появляются над поверхностью почвы	30.08.2018	02.09.2019	30.08.2020	10.09.2021
<i>Макростадия 1: развитие листков (главный побег)</i>					
10	Семядоли полностью распутившиеся	05.09.2018	08.09.2019	05.09.2020	15.09.2021
11	Первый настоящий лист распустился	19.09.2018	15.09.2019	11.09.2020	19.09.2021
12	Второй настоящий лист распустился	22.09.2018	17.09.2019	15.09.2020	24.09.2021
13	Третий настоящий листок распустился	27.09.2018	21.09.2019	17.09.2020	30.09.2021
1...	Стадии продолжаются до распускания	19.10.2018	07.10.2019	15.10.2020	15.10.2021
19	Девять и более настоящих листьев (междоузлия еще не растянуты)	25.10.2018	19.10.2019	23.10.2020	24.10.2021
<i>Макростадия 2: развитие побочных побегов</i>					
20	Боковые побеги отсутствуют	31.10.2018	28.10.2019	30.10.2020	30.10.2021
21	Начало развития боковых побегов, видно первый побочный побег	06.11.2018	05.11.2019	05.11.2020	03.11.2021
22	Второй боковой побег видно	10.11.2018	11.11.2019	08.11.2020	06.11.2021
23	Третий боковой побег видно	15.11.2018	15.11.2019	12.11.2020	10.11.2021
2...	Стадии продолжаются до боковых побегов	25.11.2018	26.11.2019	19.11.2020	20.11.2021
29	Девять или больше побегов видно	13.12.2018	10.12.2019	29.11.2020	26.11.2021
<i>Макростадия 3: рост в длину (главный побег)</i>					
30	Начало роста в длину	18.02.2019	30.01.2020	23.02.2021	25.02.2022
31	Видно первое растянутое междоузлие	23.03.2019	05.02.2020	27.02.2021	28.02.2022
32	Видно второе растянутое междоузлие	26.03.2019	10.02.2020	30.02.2021	02.03.2020
33	Видно третье растянутое междоузлие	01.04.2019	12.02.2020	03.03.2021	04.03.2022
3...	Стадии продолжаются до...	05.04.2019	20.02.2020	06.03.2021	08.03.2022
<i>Макростадии 4–5: развитие закладывания цветков (главный побег)</i>					
50	Появляется первичный цветонос, который еще плотно закрыт верхними листьями	08.04.2019	10.03.2020	24.04.2021	02.05.2022
51	Первичный цветонос видно среди верхних листьев сверху	10.04.2019	15.03.2020	27.04.2021	03.05.2022
52	Цветонос главного побега свободный, в равном положении с верхними листьями	13.04.2019	17.03.2020	02.05.2021	04.05.2022
53	Цветонос над верхними листьями	17.04.2019	20.03.2020	07.05.2021	05.05.2022

Продолжение таблицы 3

Код	Стадии	Даты наступления по годам исследований			
		2018–2019	2019–2020	2020–2021	2021–2022
55	Цветки первичного цветоноса видно (закрытые)	20.04.2019	25.03.2020	08.05.2021	06.05.2022
57	Цветки вторичных цветоносов видно (закрытые)	22.04.2019	30.03.2020	11.05.2021	07.05.2022
59	Первые лепестки видно, цветки еще закрыты	26.04.2019	07.04.2020	13.05.2021	08.05.2022
<i>Макростадия 6: цветения (главный побег)</i>					
60	Первые открытые цветки	02.05.2019	17.04.2020	17.05.2021	10.05.2022
61	Десять процентов открытых цветков на главном побеге, цветонос удлинненный	05.05.2019	19.04.2020	18.05.2021	14.05.2022
62	Двадцать процентов цветков на главном побеге	06.05.2019	22.04.2020	19.05.2021	18.05.2022
63	Тридцать процентов цветков на главном побеге	08.05.2019	25.04.2020	20.05.2021	20.05.2022
64	Сорок процентов цветков на главном побеге	10.05.2019	26.04.2020	23.05.2021	21.05.2022
65	Полное цветение	14.05.2019	03.05.2020	25.05.2021	25.05.2022
68	Цветение заканчивается	18.05.2019	12.05.2020	29.05.2021	30.05.2022
69	Конец цветения	20.05.2019	15.05.2020	01.06.2021	02.06.2022
<i>Макростадия 7: развитие плода</i>					
71	Десять процентов стручков	22.05.2019	21.05.2020	03.06.2021	05.06.2022
72	Двадцать процентов стручков	25.05.2019	23.05.2020	05.06.2021	07.06.2022
73	Тридцать процентов стручков	29.05.2019	25.05.2020	06.06.2021	08.06.2022
74	Сорок процентов стручков	07.06.2019	28.05.2020	07.06.2021	11.06.2022
75	Пятьдесят процентов стручков	11.06.2019	01.06.2020	08.06.2021	12.06.2022
76	Шестьдесят процентов стручков	15.06.2019	07.06.2020	09.06.2021	13.06.2022
77	Семьдесят процентов стручков	19.06.2019	11.06.2020	10.06.2021	14.06.2022
78	Восемьдесят процентов стручков	22.06.2019	14.06.2020	12.06.2021	15.06.2022
79	Почти все стручки достигли сортотиповости	25.06.2019	18.06.2020	13.06.2021	16.06.2022
<i>Макростадия 8: созревание</i>					
80	Начало созревания – семена зеленые	25.06.2019	24.06.2020	16.06.2021	18.06.2022
81	Десять процентов стручков созрели	29.06.2019	27.06.2020	25.06.2021	19.06.2022
82	Двадцать процентов стручков созрели	02.07.2019	01.07.2020	28.06.2021	21.06.2022
83	Тридцать процентов стручков созрели	05.07.2019	05.07.2020	30.06.2021	23.06.2022
84	Сорок процентов стручков созрели	08.07.2019	10.07.2020	05.06.2021	25.06.2022
85	Пятьдесят процентов стручков созрели	10.07.2019	11.07.2020	07.07.2021	27.06.2022
86	Шестьдесят процентов стручков созрели	11.07.2019	13.07.2020	10.07.2021	29.06.2022
87	Семьдесят процентов стручков созрели	13.07.2019	15.07.2020	13.07.2021	05.07.2022
88	Восемьдесят процентов стручков созрели	14.07.2019	17.07.2020	15.07.2021	09.07.2022
89	Полная спелость	19.07.2019	19.07.2020	18.07.2021	14.07.2022
<i>Макростадия 9: отмирание</i>					
97	Растение отмерло	22.07.2019	21.07.2020	20.07.2021	21.07.2022
99	Сбор урожая	27.07.2019	22.07.2020	25.07.2021	27.07.2022

Это связано с погодными условиями года и сроком уборки предшественника.

Разница в наступлении тех или иных стадий развития в течении периода роста составляла до 10 дней по годам. При этом сбор урожая осуществляли примерно в одинаковые сроки (22–27 июля). Следует отметить, что разницы по вариантам в наступлении стадий развития растений не наблюдали.

В период исследований проводили наблюдения за перезимовкой растений озимого рапса и выполняли подсчет ко-

личества растений на одном квадратном метре перед наступлением зимнего периода и в ранний весенний период (после начала отрастания растений); определяли процент перезимовавших растений. Результаты представлены в таблицах 4–7. Все значения приводятся по вариантам по средним показателям всех повторений.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что усредненное количество растений озимого рапса на квадратный метр составляет 24–43 шт. В 2018–2019 гг. в контрольных вариантах

Таблица 4 – Морфобиологические показатели озимого рапса (среднее значение), 2018–2019 гг.

Table 4 – Morphobiological indicators of winter rapeseed (average value), 2018–2019

Вариант	Количество растений на 1 м ² , шт.		Процент перезимовавших растений, % (03.03.2019)
	17.11.2018	03.03.2019	
Мерседес, контроль	33	31	93,9
Мерседес, органическое удобрение	36	35	97,2
Висби, контроль	40	37	92,5
Висби, органическое удобрение	38	38	100,0

Таблица 5 – Морфобиологические показатели озимого рапса (среднее значение), 2019–2020 гг.

Table 5 – Morphobiological indicators of winter rapeseed (average value), 2019–2020

Вариант	Количество растений на 1 м ² , шт.		Процент перезимовавших растений, % (29.02.2020)
	20.11.2019	29.02.2020	
Мерседес, контроль	41	40	97,5
Мерседес, органическое удобрение	39	38	97,4
Висби, контроль	37	37	100,0
Висби, органическое удобрение	42	39	92,8

Таблица 6 – Морфобиологические показатели озимого рапса (среднее значение), 2020–2021 гг.

Table 6 – Morphobiological indicators of winter rapeseed (average value), 2020–2021

Вариант	Количество растений на 1 м ² , шт.		Процент перезимовавших растений, % (27.02.2021)
	30.11.2020	27.02.2021	
Мерседес, контроль	28	27	96,4
Мерседес, органическое удобрение	33	31	93,9
Висби, контроль	29	24	82,8
Висби, органическое удобрение	32	30	93,8

Таблица 7 – Морфобиологические показатели озимого рапса (среднее значение), 2021–2022 гг.

Table 7 – Morphobiological indicators of winter rapeseed (average value), 2021–2022

Вариант	Количество растений на 1 м ² , шт.		Перезимовавшие растения, % (25.02.2022)
	25.11.2021	25.02.2022	
Мерседес, контроль	31	29	93,5
Мерседес, органическое удобрение	43	41	95,3
Висби, контроль	30	25	83,3
Висби, органическое удобрение	39	33	84,6

перезимовало 93 % растений, при этом в вариантах с применением органических удобрений процент выживаемости после зимнего периода составил 97 и 100 %.

В 2019–2020 гг. процент перезимовавших растений гибрида Мерседес в контроле составил более 97 % (как и в варианте с применением жидкой фракции свиного навоза). В вариантах с гибридом Висби процент перезимовавших растений в контрольном варианте (100 %), что более чем на 7 % выше по сравнению вариантом с внесением органических удобрений (92,8 %).

В период 2020–2021 гг. у гибрида Мерседес наблюдали более высокий процент перезимовавших растений в контрольном варианте (96,4 %). У гибрида Висби в варианте с внесением жидкой фракции свиного навоза на 11 % перезимовавших растений больше по сравнению с контролем (82,3 %).

Зима в 2021–2022 гг. была более теплой предыдущих в период исследований, что способствовало более раннему возобновлению вегетации. Следует отметить, что лучше перезимовали растения озимо-

го рапса гибрида Мерседес по сравнению с гибридом Висби, как в контрольных вариантах, так и при внесении органических удобрений. Разница составила около 10 %.

Для определения влияния внесения жидкого навоза свиней (органических удобрений) на формирование продуктивных стеблей, нами проведен подсчет количества продуктивных стеблей на одном растении в исследуемый период (табл. 8). Данный показатель позволяет отследить динамику формирования продуктивного стеблестоя, так как большее количество стеблей предположительно в дальнейшем положительно повлияет на увеличение урожайности.

Оценка данных приведенной таблицы показала увеличение количества продуктивных стеблей растений озимого рапса в вариантах с внесением жидкой фракции свиного навоза по сравнению с контролем на обоих гибридах.

Увеличение в период 2019–2020 гг. и 2020–2021 гг. составило 2–3 стебля (почти в 2 раза по сравнению с контролем). В 2018–2019 гг. и 2021–2022 гг. разница в количестве продуктивных стеблей между

Таблица 8 – Количество продуктивных побегов растений озимого рапса, 2018–2022 гг.

Table 8 – Number of productive shoots of winter rapeseed plants, 2018–2022

В штуках (in pieces)

Вариант	Количество продуктивных побегов растений			
	2018–2019 гг.	2019–2020 гг.	2020–2021 гг.	2021–2022 гг.
Мерседес, контроль	7±1,6	4 ±1,9	5±1,3	3±1,5
Мерседес, органическое удобрение	8±1,8	6±1,8	6±1,6	4±1,3
Висби, контроль	6±1,7	3±1,3	5±1,3	3±1,2
Висби, органическое удобрение	7±1,4	6±1,5	7±1,4	4±1,0

вариантом с внесением навоза свиней и контролем составила один стебель.

В таблице 9 рассмотрено влияние внесения свиного навоза жидкой фракции на массу семян на одном растении в течение периода исследований.

Таким образом, можем увидеть, что масса семян, собранных с одного растения, достоверно больше в вариантах с внесением жидкой фракции навоза свиней на протяжении всего периода.

Следует отметить, что минимальные значения были получены в 2020–2021 гг. по обоим гибридам, что связано с выпадением меньшего количества осадков по сравнению с другими периодами исследования.

Наименьшие значения массы семян с одного растения у гибрида Мерседес были получены в контрольном варианте (18,8 г) в 2021–2022 гг., а наибольшие (48,5 г) – в 2018–2019 гг. У растений озимого рапса гибрида Висби наименьшие значения массы семян с одного растения (20,6 г) также получили в 2021–2022 гг., тогда как наибольшие (56,3 г) – в 2018–2019 гг.

По данным таблицы 10 можно отметить, что в контрольных вариантах урожайность значительно ниже по

сравнению с вариантами, где в качестве удобрения использовалась жидкая фракция навоза свиней. При этом в периоды исследований 2018–2019; 2019–2020 и 2020–2021 гг. в вариантах с внесением навоза свиней урожайность гибрида Мерседес была на 3–5 % ниже по сравнению с данными по гибриду Висби, в то время как в 2021–2022 гг. гибрид Мерседес показал урожайность почти на 7 % выше по сравнению с гибридом Висби.

В контрольных вариантах гибрид Мерседес лидировал по показателям урожайности в 2019–2020 гг. (разница 21,4 %) и в 2021–2022 гг. (10 %); в остальные периоды исследования более высокие данные показал гибрид Висби.

Заключение. Исследования, проведенные в период с 2018 по 2022 гг., показали, что внесение жидкой фракции свиного навоза оказывает положительное действие на развитие растений озимого рапса и их продуктивность. За весь период исследований в вариантах с внесением навоза свиней показатели всех исследуемых элементов продуктивности изучаемых гибридов Мерседес и Висби увеличены по сравнению с контролем. Также отмечено увеличение показателей урожайности по обоим гибридам.

Таблица 9 – Влияние внесения навоза свиней жидкой фракции на массу семян
Table 9 – Effect of applying liquid pig manure on seed weight

В граммах на растение (in g/plant)

Вариант	Масса семян			
	2018–2019 гг.	2019–2020 гг.	2020–2021 гг.	2021–2022 гг.
Мерседес, контроль	25,9±4,80	24,7±3,03	20±1,00	18,8±2,30
Мерседес, органическое удобрение	48,5±6,65	48,3±3,82	25±1,50	34,1±4,50
Висби, контроль	31,0±3,43	29,1±2,89	21±1,40	20,6±3,10
Висби, органическое удобрение	56,3±9,10	50,0±3,47	25±1,70	39,8±3,10

Таблица 10 – Урожайность гибридов озимого рапса в период исследований, 2018–2022 гг.
Table 10 – Productivity of winter rapeseed hybrids during the research period, 2018–2022

В т/га (in t/ha)

Вариант	Урожайность			
	2018–2019 гг.	2019–2020 гг.	2020–2021 гг.	2021–2022 гг.
Мерседес, контроль	2,36	2,85	2,60	2,35
Мерседес, органическое удобрение	3,77	3,90	3,93	4,20
Висби, контроль	2,73	2,24	2,68	2,13
Висби, органическое удобрение	3,91	4,01	4,15	3,92

Список источников

1. Воловик В. Т., Шпаков А. С. Производство рапса в Центральной России: состояние и перспективы // Кормопроизводство. 2020. № 10. С. 3–8. EDN OZQUTR.
2. Beres J., Becka D., Tomasek J., Vasak J. Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters // Plant, Soil and Environment. 2019. Vol. 65. No. 9. P. 435–441. doi:10.17221/444/2019-PSE.
3. Кураченко Н. Л., Халипский А. Н., Казанов В. В. Влияние микробиологического удобрения «Азофит» на агрофизическое состояние чернозема и продуктивность рапса, возделываемого на маслосемена // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (144). С. 22–28. EDN ZABDBR.
4. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 31.01.2024).
5. Картамышева Е. В., Горбаченко Ф. И., Лучкина Т. Н., Реутин А. В., Кондаурова В. Е. Новый сорт рапса озимого Приз // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6 (60). С. 49–52. doi: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-49-52. EDN PKXKME.
6. Коломейченко В. В. Полевые и огородные культуры России. Зернобобовые и масличные : монография. СПб. : Лань, 2022. 520 с.
7. Панасин В. И., Рымаренко Д. А., Вихман М. И., Чечулин Д. С. Действие йодных микроудобрений на урожай и качество озимого рапса // Агротехнический вестник. 2019. № 2. С. 39–41. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10025. EDN ZFALSX.
8. Терещенко С. А., Мудрова Л. Д. Зависимость урожайности озимого рапса (*Brassica napus* L.) от системы удобрений в условиях Калининградской области // Балтийский морской форум : материалы X междунар. Балтийского морского форума. Калининград : Калининградский государственный технический университет, 2022. Т. 1. С. 108–113. EDN STSJEF.
9. Meier U. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. Edition, 2001. 158 p.

References

1. Volovik V. T., Shpakov A. S. Rapeseed production in Central Russia: state and perspectives. *Kormoproizvodstvo*, 2020;10:3–8. EDN OZQUTR (in Russ.).
2. Beres J., Becka D., Tomasek J., Vasak J. Effect of autumn nitrogen fertilization on winter oilseed rape growth and yield parameters. *Plant, Soil and Environment*, 2019;65;9:435–441. doi:10.17221/444/2019-PSE.
3. Kurachenko N. L., Khalipskiy A. N., Kazanov V. V. The influence of microbiological fertilizer of Azophyte on agrophysical condition of chernozem and productivity of rapeseeds cultivated for oil seeds. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019;3(144):22–28. EDN ZABDBR (in Russ.).
4. Byulleteni o sostoyanii sel'skogo khozyaystva [Agricultural bulletins]. *Rosstat.gov.ru* Retrieved from <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (Accessed 31 January 2024) (in Russ.).
5. Kartamysheva E. V., Gorbachenko F. I., Luchkina T. N., Reutina A. V., Kondaurova V. E. The new winter rapeseed variety "Priz". *Zernovoe khozyaystvo Rossii*, 2018;6(60):49–52. doi: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-49-52. EDN PKXKME (in Russ.).
6. Kolomeychenko V. V. *Field and vegetable crops of Russia. Grain legumes and oilseeds: monograph*, Saint-Petersburg, Lan', 2022, 520 p. (in Russ.).
7. Panasin V. I., Rymarenko D. A., Vikhman M. I., Chechulin D. S. Effect of iodine microfertilizers on yield and quality of winter rape. *Agrokhimicheskij vestnik*, 2019;2:39–41. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10025. EDN ZFALSX (in Russ.).

8. Tereshchenko S. A., Mudrova L. D. Winter rape yield dependence (*Brassica napus* L.) from the fertilizer system in the conditions of the Kaliningrad region. Proceedings from The Baltic Sea Forum: Baltiyskiy morskoy forum: *X Mezhdunarodnyi Baltiiskii morskoi forum – X International Baltic Sea Forum*. (PP. 108–113), Kaliningrad, Kaliningradskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet. 2022. EDN STSJEF (in Russ.).

9. Meier U. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph, Edition, 2001, 158 p.

© Терещенко С. А., Мудрова Л. Д., 2024

Статья поступила в редакцию 11.02.2024; одобрена после рецензирования 14.03.2024; принята к публикации 15.03.2024.

The article was submitted 11.02.2024; approved after reviewing 14.03.2024; accepted for publication 15.03.2024.

Информация об авторах

Терещенко Светлана Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент, Калининградский государственный технический университет, svetlana.tereschenko@klgtu.ru;

Мудрова Лилия Дмитриевна, студент магистратуры, Калининградский государственный технический университет, mudrova1996@inbox.ru

Information about the authors

Svetlana A. Tereshchenko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Kaliningrad State Technical University, svetlana.tereschenko@klgtu.ru;

Lilia D. Mudrova, Master's Degree Student, Kaliningrad State Technical University, mudrova1996@inbox.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

ANIMAL BREEDING AND VETERINARY

Научная статья

УДК 619:615.099:636.8.084

EDN ROSQUC

DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-47-56

**Случай хронического отравления ртутью
у кота при кормлении морской рыбой****Елена Николаевна Любченко¹, Дарья Андреевна Попова²,
Максим Юрьевич Дьяченко³, Анастасия Валерьевна Тимохова⁴**^{1,2} Приморский государственный аграрно-технологический университет
Приморский край, Уссурийск, Россия^{3,4} Ветеринарная клиника «Химера», Приморский край, Уссурийск, Россия¹ LyubchenkoL@mail.ru, ² dashakhbr@gmail.com, ³ grayeyedking@inbox.ru

Аннотация. Ртуть относится к элементам, проявляющим высокую токсичность даже в небольших концентрациях, в связи с чем ее содержание в окружающей среде, кормах и пищевых продуктах строго оговаривается санитарно-гигиеническими нормативами. У хищных долгоживущих рыб содержание аккумулятивной ртути может превышать ее содержание в среде обитания в сотни тысяч и даже миллионы раз. Поэтому, с точки зрения воздействия на здоровье животного она представляют наибольшую опасность. Особенно большому риску подвергаются именно домашние животные, которым традиционно включают в корм свежую или термически обработанную морскую рыбу. По данным некоторых исследований, у животных отравление ртутью проявляется поражением печени, почек, патологией центральной и периферической нервной системы. Морфологические и биохимические исследования крови при данном отравлении остаются малоинформативны, поэтому требуются токсикологические исследования. В условиях ветеринарной клиники, с целью установления диагноза и лечения животного, лабораторным путем подтвержден случай хронического отравления ртутью кота при кормлении его морской рыбой. В статье представлены результаты клинического обследования животного, результаты лабораторных исследований, метод лечения и рекомендации по профилактике отравления ртутью.

Ключевые слова: ртуть, метилртуть, морская рыба, кот, отравление, симптомы, диагностика, лечение, рекомендации

Для цитирования: Любченко Е. Н., Попова Д. А., Дьяченко М. Ю., Тимохова А. В. Случай хронического отравления ртутью у кота при кормлении морской рыбой // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 1. С. 47–56. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-47-56.

Original article

Chronic mercury poisoning: a case in a cat when feeding sea fish**Elena N. Lyubchenko¹, Daria A. Popova²,
Maxim Yu. Dyachenko³, Anastasia V. Timokhova⁴**^{1,2} Primorsky State Agrarian and Technological University
Primorsky krai, Ussuriysk, Russian Federation^{3,4} Veterinary Clinic "Chimera", Primorsky krai, Ussuriysk, Russian Federation¹ LyubchenkoL@mail.ru, ² dashakhbr@gmail.com, ³ grayeyedking@inbox.ru

Abstract. Mercury is an element that exhibits high toxicity even in small concentrations, and therefore its content in the environment, feed and food products is strictly specified by sanitary and hygienic standards. In long-lived predatory fish, the accumulated mercury content can exceed its content in the habitat by hundreds of thousands and even millions of times. Therefore, from the point of view of the impact on animal health, it poses the greatest danger. Pets, which are traditionally fed fresh or thermally processed sea fish, are at especially high risk. According to some studies in animals, mercury poisoning is manifested by damage to the liver, kidneys and pathology of the central and peripheral nervous system. Morphological and biochemical blood tests for this poisoning remain uninformative, so toxicological studies are required. In a veterinary clinic, in order to establish a diagnosis and treat an animal, a case of chronic mercury poisoning of a cat when feeding sea fish was laboratory confirmed. The article presents the results of a clinical examination of the animal, the results of laboratory tests, the method of treatment and recommendations for the prevention of mercury poisoning.

Keywords: mercury, methylmercury, sea fish, cat, poisoning, symptoms, diagnosis, treatment, recommendations

For citation: Lyubchenko E. N., Popova D. A., Dyachenko M. Yu., Timokhova A. V. Chronic mercury poisoning: a case in a cat when feeding sea fish. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;1:47–56. (in Russ.). doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-47-56.

Введение. Ртуть (Hudrargyrum) – химический элемент второй группы периодической системы Менделеева; его атомный номер 80, атомная масса 200,59. Данный элемент редкий и рассеянный, его содержание составляет около $4,5 \times 10^{-6}$ % от массы земной коры. При достижении температуры 28 °С металл начинает активное испарение, его пары равномерно распределяются в окружающем объеме и хорошо сорбируются рыхлыми и пористыми материалами, тканями, деревянными конструкциями. Испарения ртути отравляют природные экосистемы, загрязняя воздух, воду и почву [1].

Хорошо известна токсичность ртути, принадлежащей к группе тяжелых металлов; при этом высокая токсичность наблюдается даже в небольших концентрациях. В этой связи содержание ртути в окружающей среде, кормах и пищевых продуктах строго оговаривается санитарно-гигиеническими нормативами [2].

Метилртуть (MeHg) отличается от неорганической еще более низким коэффициентом выведения и высоким накоплением в живых организмах. Под обозначением «метилртуть» подразумевается токсичное соединение, которое способно накапливаться в организме рыбы; оно очень ядовито. Токсичность больше, чем у ртути, за счет более активного взаимодействия с сульфгидрильными группами ферментов [3]. Метилртуть образуется, как правило, в результате метаболизма донных микроорганизмов

при выбросе ртути в водоемы. По разным оценкам, до 90–99 % общей ртути в тканях рыб представлено метилртутью [4].

Природные объекты, расположенные «внутри» промышленно развитых стран и территорий, испытывают прямое антропогенное воздействие. И максимальный эффект приходится именно на водные экосистемы, поскольку сюда стекаются загрязняющие вещества с атмосферными осадками, с поверхностным и подземным стоком; сюда несут свои воды реки, собирающие стоки промышленных предприятий и городов [5].

Биоаккумуляция подвергается любые формы металла, при этом для неорганических форм установлен аддитивный вклад разных путей поступления – с пищей, через кожные покровы и жабры в процессе дыхания; а основной путь потребления метилртути рыбой – алиментарный. Количество ртути, обнаруживаемое в тканях рыб разных видов, зависит от типа их питания и положения в трофической цепи. Установлено, что миграция метилртути по трофической сети сопровождается 5–10-кратным увеличением ее концентрации при переходе от одного звена к следующему. Чем «выше» расположен организм в трофической цепи, тем выше в нем содержание ртути, и тем большую часть от общей ртути в нем составляет метилртуть и меньшую – ее неорганические формы. Высокая миграционная активность металла в системе «вода – планктон – рыбы-планктофаги – хищные

рыбы» приводит к его аккумуляции на последних звеньях и увеличению содержания метилртути в тканях всеядных представителей ихтиофауны на 2–3 порядка по сравнению с исходной водной средой [6].

Хотя содержание метилртути, обнаруживаемое в рыбе, обычно невелико (менее 0,4 мг/кг), но у хищных рыб оно может достигать нескольких десятков миллиграммов на килограмм, то есть превышать содержание ртути в среде обитания рыб в сотни тысяч и даже миллионы раз.

Уровень аккумулированной ртути также зависит от возраста и размера рыб: он выше у долгоживущих видов в сравнении с короткоживущими; у тугорослых видов в сравнении с быстрорастущими; у более крупных и старых особей в сравнении с молодыми особями того же вида. Наиболее интенсивное накопление в скелетных мышцах, вероятно, объясняется повышенным содержанием в них функциональных групп белков, к которым ртуть обладает высоким сродством [7].

Среди наземных млекопитающих более крупные виды устойчивы к токсическому действию ртути. Механизмы этого явления до конца не изучены. Однако, по-видимому, оно связано со скоростью метаболических изменений, способностью организма к детоксикации, а также положением данного вида в трофической цепи, поскольку способность к миграции ртути и биомагнификация в пищевой цепи млекопитающих тщательно документированы. Хищники, находящиеся на вершине пищевой пирамиды, естественно, более подвержены биоаккумуляции ртути [8].

Патогенез в организме животных и человека в основном связан с блокированием функциональных групп структурных белков и ферментов. Инактивация ферментов, в свою очередь, провоцирует нарушение метаболических процессов. Ртуть способна изменять проницаемость клеточных мембран за счет повреждения структурных белков. Нарушенная структура клеточных оболочек приводит к выведению ионов калия из клетки, сочетающимся с поступлением в нее воды, что вызывает отек клетки, нарушение работы клеточных структур и гибель. Рентгенологические данные при отравлении отражают типичные нейропатологические поражения и демонстрируют значительную

атрофию зрительной коры, червя и полушарий мозжечка, а также постцентральной коры, что соответствует трем характерным проявлениям этого заболевания: сужению полей зрения, атаксии и сенсорным нарушениям [9].

По информации Гладышева (2021), чувствительнее всего к отравлению оказываются клетки паренхимы почек, печени, кишечника, нервные клетки, эритроциты. Это объясняет клиническую картину, типичную для интоксикации ртутью: нефропатия, гепатопатия, поражения центральной и периферической нервной системы. Со стороны желудочно-кишечного тракта наблюдаются некроз и язвенно-некротические энтероколиты [1].

Биоаккумуляция ртути в тканях оказывает не только прямое токсическое воздействие; возможно проявление ее отдаленных последствий в виде развития опухолевых заболеваний, мутагенного, тератогенного и эмбриотоксического действия металла. Длительное поступление малых количеств соединений ртути вызывает падение уровня эритроцитов и гемоглобина в крови. У животных происходит снижение общей резистентности, что связано с разрушением лимфоидных клеток лимфатических узлов и селезенки; фиксируется снижение фагоцитарной активности нейтрофилов, фагоцитарного числа и индекса; падает численность Т- и В-лимфоцитов. Организм, таким образом, оказывается более подвержен инфекционным заболеваниям и активизации условно-патогенной микрофлоры [2].

Источник метилртути для животного организма – рыба и другие водные организмы, употребляемые с пищей или кормом. Следовательно, хищные рыбы, как наиболее крупные, долгоживущие, быстрорастущие, занимающие высшее положение в пищевой цепи, содержат больше ртути и поэтому с точки зрения воздействия на здоровье животного представляют наибольшую опасность. В настоящее время в некоторых странах введено ограничение на добавление в пищевые продукты рыбы, выловленной в загрязненных водоемах. Население, в том числе владельцы животных, как правило, не имеют представления о количестве ртути, поступающей в организм с рыбой и рыбопродуктами.

Хроническое отравление ртутью в отечественных источниках не освещено, в то время как в зарубежной литературе данному заболеванию дано свое название (болезнь Минамата) [10].

Целью исследований явилось *установление диагноза и проведение лечения при хроническом отравлении кота ртутью*. Для выполнения поставленной цели нами решены задачи: установлены причина и клинические признаки при отравлении ртутью; проведен анализ лабораторных исследований; выполнено лечение кота, а также разработаны рекомендации для владельцев животных.

Собственные исследования. Объектом исследования выбран кот домашний беспородный в возрасте пяти лет, поступивший в ветеринарную клинику «Химера» (г. Уссурийск).

Со слов владельца, кот содержался на базе отдыха около моря со свободным выгулом, его рацион в основном состоял из сырой и вареной морской рыбы – наваги, камбалы, зубатки, красноперки и других видов, а также морепродуктов.

График ежегодной вакцинации не соблюдался несколько лет. Владельцем месяц назад у кота замечена малая активность, сонливость при сохранении аппетита, а еще через месяц наблюдались: кахексия, апатия, анорексия, дрожание конечностей при движении, диарея и рвота, при сохранении мочеиспускания.

При первичном клиническом обследовании животного в условиях ветеринарной клиники установлено: частота сердечных сокращений 150 ударов в минуту; давление 125/80 мм. рт. ст.; пульс на плюсне пальпируется с трудом; видимые слизистые оболочки светло-серого цвета, сухие; скорость наполнения капилляров 4 секунды. Отмечено смещение глазного яблока в задний отдел орбиты (энофтальм); кожная складка расправляется плохо – тяжелая степень дегидратации. Гиповолемия средней степени. Ротовая полость чистая, без видимых изменений. Лимфатические узлы не увеличены.

УЗИ брюшной полости. При ультразвуковом исследовании органов брюшной полости на момент первичного осмотра установлены следующие изменения в органах.

Печень увеличена, ее край притуплен и выходит за желудок; границы четкие; структура паренхимы имеет «омыленный» вид, слегка не гомогенная по эхогенности с зонами ее повышения; периферический сосудистый рисунок стерт. Портальная вена диаметром 0,45 см. Каудальная полая вена диаметром 0,45 см. Биллиарный тракт – желчный наполнен 2,3×0,6 см; контур стенки слегка размыт; толщина стенки 0,14 см; желчь слабо гипэхогенная; пузырный проток 0,17 см; холедох 0,35 см.

Желудок: стенка до 0,35 см; просвет с небольшим количеством анэхогенного содержимого; перистальтика не выражена; складчатость выражена; слоистость размыта.

Двенадцатиперстная кишка: толщина стенки 0,35 см; слоистость сглажена.

Тонкий кишечник: толщина стенки 0,17 см; слоистость сохранена.

Поджелудочная железа: эхогенность слегка повышена; структура однородная; левая доля в области порта печени 7 мм; окружающий жир гиперэхогенный.

Селезенка не увеличена; эхогенность соответствует норме; структура однородная.

Лимфоузлы – мезентеральные, не лоцируются.

В брюшной полости свободной жидкости нет.

Почки: топографическое положение правильное; форма овальная; контуры ровные; границы нечеткие; эхогенность паренхимы выше эхогенности печени и селезенки. Правая – 3,9×1,8 см; соотношение слоев изменено в пользу кортикального слоя; кортико-медуллярная дифференциация сглажена; лоханка не расширена. Левая – 4,2×2,3 см; соотношение слоев правильное; кортико-медуллярная дифференциация сглажена; лоханка не расширена.

Мочевой пузырь наполнен; моча анэхогенная без включений; стенка не утолщена.

По результатам анамнеза, клинического осмотра и УЗИ установлены признаки гастрита, гипомоторики ЖКТ, холангиогепатита, панкреатита, хронической болезни почек.

При исследовании цельной крови (ЭДТА) методом полимеразной цепной реакции (ПЦР), вируса лейкемии (FeLV), гемоплазмы (*Candidatus Mycoplasma turicensis*, *Mycoplasma haemofelis*, *Candidatus Mycoplasma haemominutum*), вируса иммунодефицита (FIV) не обнаружено.

Исследованием методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) проб фекалий исключены: вирус панлейкопении (FPV), коронавирус кошек энтеральный (FCoV), гиардиа (*Giardia lamblia* spp.), криптоспоридии (*Cryptosporidium* spp.), трихомонада (*Tritrichomonas blagburni* (foetus)), кампилобактерии (*Campylobacter* spp.), энтеротоксин (*Clostridium perfringes*), токсоплазмоз (*Toxoplasma gondii*).

Морфологические и биохимические показатели крови у кота при первичном приеме представлены в таблицах 1 и 2.

В соответствии с полученными результатами, у кота отмечалось снижение количества эритроцитов и гемоглобина, увеличение количества лейкоцитов за счет роста палочкоядерных нейтрофилов и лимфоцитов.

По результатам биохимического исследования крови отмечалось увеличение печеночных ферментов – трансфераз, щелочной фосфатазы и амилазы, что свидетельствовало о нарушении работы печени и поджелудочной железы.

Также был проведен анализ ретикулоцитов (табл. 3).

По результатам анализа можно сделать вывод о недостаточном регенеративном ответе костного мозга на анемическое состояние пациента, возможно из-за истощения его регенеративных возможностей.

В связи с показателями сывороточного железа и отрицательными анализами на гемопаразиты, а также нормальными показателями ренального биохимического профиля, *предположительным диагнозом являлась регенеративная, а именно, гемолитическая анемия.*

Животному было назначено лечение, направленное на устранение дегидратации и анемии, восстановление функции печени, поджелудочной железы и почек.

Применяли для внутривенной капельной инфузии с постоянной скоростью растворы стерофундина, глюкозы, аминоклазмаль, гептрал.

Подкожно вводили раствор цианокобаламина, внутрь – квамател и омез. Внутривенно вводили ондансетрон; внутримышечно – ферранимал, преднизолон.

Через 10 дней лечения у кота появился аппетит; кал стал оформленный; мочеиспускание без патологий; видимые слизистые оболочки бледно-розовые; дегидратация легкой степени.

При этом владелец озвучил жалобы на дефицит зрения у кота и периодическую шаткость походки. На приеме у офтальмолога установлено – мириаза, увеличение гиперрефлексии глазного дна, истончение сосудов сетчатки, хроматические реакции

Таблица 1 – Морфологические показатели крови у кота при первичном приеме
Table 1 – Morphological blood parameters in a cat at the initial intake

Показатели	Единицы измерения	Результаты	Референсные значения	Отклонения
Лейкоциты (WBC)	тыс./мкл	20,000	5,500–19,000	повышение
Эритроциты (RBC)	млн./мкл	4,100	4,600–10,000	понижение
Гемоглобин (HGB)	г/л	80,00	90,00–150,00	понижение
Палочкоядерные нейтрофилы	тыс./мкл	1,000	0,000–0,300	повышение
Сегментоядерные нейтрофилы	тыс./мкл	9,200	2,500–12,500	норма
Эозинофилы	тыс./мкл	0,800	0,000–1,500	норма
Лимфоциты	тыс./мкл	8,600	1,500–7,000	повышение
Моноциты	тыс./мкл	0,400	0,000–0,800	норма
Базофилы	тыс./мкл	0,000	0,000–0,100	норма

Таблица 2 – Биохимические показатели крови у коша при первичном приеме
Table 2 – Biochemical blood parameters in a cat at the initial intake

Показатели	Единицы измерения	Результаты	Референсные значения	Отклонения
Аланинаминотрансфераза (ALT)	U/l	107,00	18,00–78,00	повышение
Аспартатаминотрансфераза (AST)	U/l	88,0	9,0–45,0	повышение
Общий билирубин (TBIL)	μmol/l	9,00	2,00–10,00	норма
Щелочная фосфатаза (ALP)	U/l	139,0	0,0–55,0	повышение
ГГТ (GGT)	U/l	5	0–6	норма
Общий белок (TP)	g/l	60,00	54,00–79,00	норма
Альбумин (ALB)	g/l	23,00	24,00–38,00	понижение
Глобулин (GLOB)	g/l	37,00	26,00–51,00	норма
Холестерин (CHOL)	mmol/l	2,53	2,30–5,90	норма
Триглицериды	mmol/l	0,64	0,20–1,30	норма
Амилаза (v-AMY)	U/l	2 500,00	200,00–1 900,00	повышение
Креатинин (CREA)	μmol/l	148,0	70,0–165,0	норма
Мочевина (UREA, BUN)	mmol/l	9,750	5,400–12,100	норма
Фосфор (PHOS, IP)	mmol/l	1,60	1,10–2,30	норма
Кальций (Ca)	mmol/l	2,33	1,90–2,60	норма
Калий (K)	mmol/l	4,00	3,60–5,50	норма
Натрий (Na)	mmol/l	151,00	148,00–158,00	норма
Хлор (Cl)	mmol/l	116,00	107,00–129,00	норма
Железо (Fe)	mcsmol/l	14.0	12,00–42,00	норма

Таблица 3 – Анализ ретикулоцитов у коша при первичном приеме
Table 3 – Analysis of reticulocytes in a cat at the initial intake

В клеток на микролитр (in cells per microliter)

Исследования	Результаты	Референсные значения
Агрегатные ретикулоциты кошек	37 654	менее 15 000 – угнетение регенерации; 15 000–50 000 – физиологическая регенерация (недостаточная регенерация у пациента с анемией); 50 000–100 000 – умеренная регенерация; 100 000–200 000 – выраженная регенерация; более 200 000 – значительно выраженная регенерация
Пунктатные ретикулоциты кошек	286 946	менее 200 000 – физиологическая регенерация; 200 000–500 000 – легкая регенерация; 500 000–1 000 000 – умеренная регенерация; более 1 000 000 – выраженная регенерация

зрачков на красный спектр света – сомнительные, на синий – выражены.

Было принято решение проверить животное на наличие солей тяжелых металлов. При исследовании проб шерсти

в лаборатории Vet Union получены результаты:

ртуть – 0,94 мкг/г при референсном значении 0–0,1 мкг/г; *свинец* – 0,257 мкг/г (референсное значение 0–10 мкг/г).

Таким образом, *установлено повышенное содержание ртути.*

Так как специфического лечения при хроническом отравлении ртутью нет, *были исключены из рациона морская рыба и морепродукты, а также продолжено лечение, направленное на дезинтоксикацию организма.*

Применяли для внутривенной капельной инфузии с постоянной скоростью растворы стерофундина (при регулярной оценке степени дегидратации), гептрала. Подкожно использовался раствор цианокобаламина, орально – Легалон 70. Преднизолон был отменен после получения исследований на соли тяжелых металлов.

В течение десяти суток лечения состояние кота стабилизировалось, аппетит был хороший, нарушение координации

движений не наблюдалось. Но повторный осмотр офтальмологом установил мидриаз без улучшения.

Морфологические показатели крови у кота после проведенного лечения представлены в таблицах 4 и 5, где видно, что они находятся в пределах физиологической нормы.

Таким образом, можно сделать вывод, что после проведенного лечения уменьшилось количество агрегатных ретикулоцитов. Это свидетельствует об улучшении состояния животного при анемии.

Данному животному было *рекомендовано пожизненное исключение морской рыбы из рациона, постоянный контроль показателей крови, в частности ретикулоцитов, гепато-билиарного биохимического профиля.*

Таблица 4 – Морфологические показатели крови у кота после проведенного лечения
Table 4 – Morphological blood parameters in a cat after treatment

Показатели	Единицы измерения	Результаты	Референсные значения	Отклонения
Лейкоциты (WBC)	тыс./мкл	15,200	5,500–19,000	норма
Эритроциты (RBC)	млн./мкл	5,640	4,600–10,000	норма
Гемоглобин (HGB)	г/л	93,00	90,00–150,00	норма
Палочкоядерные нейтрофилы	тыс./мкл	0,300	0,000–0,300	норма
Сегментоядерные нейтрофилы	тыс./мкл	7,800	2,500–12,500	норма
Эозинофилы	тыс./мкл	0,150	0,000–1,500	норма
Лимфоциты	тыс./мкл	6,000	1,500–7,000	норма
Моноциты	тыс./мкл	0,800	0,000–0,800	норма
Базофилы	тыс./мкл	0,100	0,000–0,100	норма

Таблица 5 – Анализ ретикулоцитов у кота после проведения лечения

Table 5 – Analysis of reticulocytes in a cat after treatment

В клеток на микролитр (in cells per microliter)

Исследования	Результаты	Референсные значения
Агрегатные ретикулоциты кошек	20 311	менее 15 000 – угнетение регенерации; 15 000–50 000 – физиологическая регенерация (недостаточная регенерация у пациента с анемией); 50 000–100 000 – умеренная регенерация; 100 000–200 000 – выраженная регенерация; более 200 000 – значительно выраженная регенерация
Пунктатные ретикулоциты кошек	86 589	менее 200 000 – физиологическая регенерация; 200 000–500 000 – легкая регенерация; 500 000–1 000 000 – умеренная регенерация; более 1 000 000 – выраженная регенерация

Заключение. Отравление ртутью у животных в ветеринарных клиниках регистрируется редко, так как при приеме не всегда возникают подозрения на действие отравляющего вещества.

Клинические признаки при данном отравлении характерны для заболеваний печени, желудочно-кишечного тракта, и практикующие врачи, в первую очередь, проводят диагностику и лечение именно этих патологий.

Хроническое отравление ртутью при постоянном поступлении в организм небольших доз осложнено стертой неврологической симптоматикой, описанной для острого отравления ртутью, так как тремор – неспецифический симптом при многих заболеваниях, а дефицит зрения слабо различим у кошек вследствие развитости других сенсорных систем организма.

Лечение должно быть направлено на дезинтоксикацию организма; необходимо симптоматическое лечение. К со-

жалению, при хроническом отравлении ртутью осложнения неизбежны, и они могут проявляться неврологическими симптомами, патологией печени или заболеваниями глаз.

Рекомендации. В настоящее время среди владельцев в моду входит RAW питание, при котором дают подопечным исключительно корма животного происхождения. Основа меню – мясо, рыба, субпродукты и сырые кости. В зарубежной литературе отражены токсические дозы метилртути в рыбе для кошек, но в связи с отсутствием данных о содержании метилртути в разных сортах рыбы в разных географических локациях нашего региона, можно сделать вывод, что кормление морской рыбой не должно носить постоянный характер, а возможно и вовсе быть исключено из рациона питания.

В случае невозможности исключить из рациона морскую рыбу, необходимо периодически проверять содержание ртути в организме домашнего питомца.

Список источников

1. Гладышев В. Б. Токсичные свойства ртути и ее влияние на организм животных и человека // *The Scientific Heritage*. 2021. № 81–2 (81). С. 16–22. doi: 10.24412/9215-0365-2021-81-2-16-22. EDN MXSEAB.
2. Девярых П. В., Трифонов В. А. Выведение метилртути из организма рыбы // *Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения : материалы VI междунар. науч.-практ. конф.* Екатеринбург : Уральский государственный медицинский университет, 2021. Т. 1. С. 834–838. EDN PSLOEJ.
3. Метилртуть // *Ru-ecology.info*. URL: <https://ru-ecology.info/term/32294> (дата обращения: 17.01.2024).
4. Колесникова Т. И., Осепян А. Э., Тельнова Ю. А., Зимовец А. А., Лукичев Д. А. Анализ изученности вопроса ртутного загрязнения экосистемы Черного моря // *Московский экономический журнал*. 2023. Т. 8. № 11. С. 402–417. doi: 10.55186/2413046X_2023_8_11_537. EDN SBCXFZ.
5. Ракитский В. Н., Сеницкая Т. А., Скупневский С. В. Современные проблемы загрязнения ртутью окружающей среды (обзор литературы) // *Гигиена и санитария*. 2020. Т. 99. № 5. С. 460–467. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-5-460-467. EDN CXKMRI.
6. Немова Н. Н., Лысенко Л. А., Мещерякова Л. А., Комов В. Т. Ртуть в рыбах: биохимическая индикация // *Биосфера*. 2014. Т. 6. № 2. С. 178–179. EDN SHJZCX.
7. Skibniewska E. M., Skibniewski M. Mercury contents in the liver, kidneys and hair of domestic cats from the Warsaw Metropolitan area // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13. No. 1. P. 269. doi: 10.3390/app13010269.
8. Charbonneau S. M., Munro I. C., Nera E. A., Armstrong F. A. J., Willes R. F., Bryce F., Nelson R. F. Chronic toxicity of methylmercury in the adult cat interim report // *Toxicology*. 1976. Vol. 5. No. 3. P. 337–349. [https://doi.org/10.1016/0300-483X\(76\)90052-4](https://doi.org/10.1016/0300-483X(76)90052-4).

9. Semionov A. Minamata disease – review // World Journal of Neuroscience. 2018. Vol. 8. No. 2. P. 178–184. doi: 10.4236/wjns.2018.82016.

References

1. Gladyshev V. B. Toxic properties of mercury and its effect on the organisms of animals and humans. *The Scientific Heritage*, 2021;81:2(81):16–22. doi: 10.24412/9215-0365-2021-81-2-16-22. EDN MXSEAB (in Russ.).

2. Devyatyh P. V., Trifonov V. A. Elimination of methylmercury from fish. Proceedings from Current issues of modern medical science and health care: *VI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya – VI International Scientific and Practical Conference*. (PP. 834–838), Ekaterinburg, Ural'skiy gosudarstvennyy meditsinskiy universitet, 2021. EDN PSLOEJ (in Russ.).

3. Metilrtut' [Methylmercury]. *Ru-ecology.info*. Retrieved from <https://ru-ecology.info/term/32294> (Accessed 17 January 2024) (in Russ.).

4. Kolesnikova T. I., Osepyan A. E., Telnova Yu. A., Zimovets A. A., Lukichev D. A. Analysis of the study of the issue of mercury pollution of the Black sea ecosystem. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal*, 2023;8(11):402–417. doi: 10.55186/2413046X_2023_8_11_537. EDN SBCXFZ (in Russ.).

5. Rakitskiy V. N., Sinitskaya T. A., Skupnevskiy S. V. Current issues of environmental mercury pollution (review). *Gigiena i sanitariya*, 2020;99(5):460–467. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-5-460-467. EDN CXKMRI (in Russ.).

6. Nemova N. N., Lysenko L. A., Meshcheryakova L. A., Komov V. T. Mercury in fish: biochemical indication. *Biosfera*, 2014;6(2):178–179. EDN SHJZCX (in Russ.).

7. Skibniewska E. M., Skibniewski M. Mercury contents in the liver, kidneys and hair of domestic cats from the Warsaw Metropolitan area. *Applied Sciences*, 2023;13;1:269. doi: 10.3390/app13010269.

8. Charbonneau S. M., Munro I. C., Nera E. A., Armstrong F. A. J., Willes R. F., Bryce F., Nelson R. F. Chronic toxicity of methylmercury in the adult cat interim report. *Toxicology*, 1976; 5;3:337–349. [https://doi.org/10.1016/0300-483X\(76\)90052-4](https://doi.org/10.1016/0300-483X(76)90052-4).

9. Semionov A. Minamata disease – review. *World Journal of Neuroscience*, 2018;8;2:178–184. doi: 10.4236/wjns.2018.82016.

© Любченко Е. Н., Попова Д. А., Дьяченко М. Ю., Тимохова А. В., 2024

Статья поступила в редакцию 13.02.2024; одобрена после рецензирования 15.03.2024; принята к публикации 18.03.2024.

The article was submitted 13.02.2024; approved after reviewing 15.03.2024; accepted for publication 18.03.2024.

Сведения об авторах

Любченко Елена Николаевна, кандидат ветеринарных наук, доцент института животноводства и ветеринарной медицины, Приморский государственный аграрно-технологический университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9441-8250>, LyubchenkoL@mail.ru;

Попова Дарья Андреевна, студент, Приморский государственный аграрно-технологический университет, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8558-0396>, dashakhbr@gmail.com;

Дьяченко Максим Юрьевич, ветеринарный врач, ветеринарная клиника «Химера», ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9340-6066>, grayeyedking@inbox.ru;

Тимохова Анастасия Валерьевна, ветеринарный врач, ветеринарная клиника «Химера», ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0115-5690>, anastasiya_girl@mail.ru

Information about the authors

Elena N. Lyubchenko, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Primorsky State Agrarian and Technological University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9441-8250>, LyubchenkoL@mail.ru;

Daria A. Popova, Student, Primorsky State Agrarian and Technological University, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8558-0396>, dashakhbr@gmail.com;

Maxim Yu. Dyachenko, Veterinarian, Veterinary Clinic "Chimera", ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9340-6066>, grayeyedking@inbox.ru;

Anastasiya V. Timokhova, Veterinarian, Veterinary Clinic "Chimera", <https://orcid.org/0009-0005-0115-5690>, anastasiya_girl@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Научная статья

УДК 631.3

EDN VLOBRX

DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-57-64

**Методика оценки эффективности механизации коневодства
в условиях экстремально низких температур****Евсей Евсеевич Анисимов¹, Варвара Петровна Друзьянова²,
Александр Александрович Кириллин³**^{1,2,3} Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия¹ evsei_mexx@mail.ru, ² druzvar@mail.ru, ³ kirillin123456@mail.ru

Аннотация. Дана краткая характеристика состояния коневодства в Республике Саха (Якутия). Якутские лошади имеют особенности – они круглый год находятся под открытым небом, кормятся в основном подножным кормом. В настоящее время сельские жители максимально начали увеличивать поголовье лошадей в связи с их низкой требовательностью к кормлению. Однако, при этом возникла другая проблема – из-за резкого увеличения поголовья лошадей не стало хватать корма. Для решения проблемы предлагается осваивать децентрализованные участки с организацией в них механизации раздачи дополнительного корма в виде сена. При расчете нормы дополнительных кормов учитываются: требуемая масса сена, которая определяется по поголовью и по нормативному количеству сена на одну лошадь; расстояние между местом раздачи сена и местом его хранения; расход топлива и площадь пастбища. Целью исследования является разработка методики прогнозирования уровня эффективности табунного коневодства при механизированном способе подвоза и раздачи сена путем применения математической зависимости, которая может помочь в выборе месторасположения и определении расстояния для организации коневодческих баз в децентрализованных местностях в условиях Якутии. Проведены расчеты по предварительной оценке эффективности на основе предложенной математической зависимости; исходные данные взяты по действующему коневодческому хозяйству – ООО «Конезавод Берте». Полученные результаты прогнозных расчетов показали, что при механизации подвоза и раздачи дополнительного корма в децентрализованных коневодческих базах существенно повышается эффективность производства (в среднем на 56,5 %). На самой дальней конебазе, расположенной в 60 км от центральной усадьбы, поголовье возможно увеличить от 145 до 227 голов.

Ключевые слова: механизация подвоза и раздачи корма, табунное коневодство, коневодческая база, дополнительная подкормка, автономный модуль, межсменная стоянка, кормообеспечение, эффективность механизации коневодства

Для цитирования: Анисимов Е. Е., Друзьянова В. П., Кириллин А. А. Методика оценки эффективности механизации коневодства в условиях экстремально низких температур // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 1. С. 57–64. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-57-64.

Original article

**Methodology for assessing the efficiency of horse breeding mechanization
under conditions of extremely low temperatures****Evsey E. Anisimov¹, Varvara P. Druzyanova², Alexander A. Kirillin³**^{1,2,3} North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov

Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

¹ evsei_mexx@mail.ru, ² druzvar@mail.ru, ³ kirillin123456@mail.ru

Abstract. The article briefly characterizes the state of horse breeding in the Republic of Sakha (Yakutia). There are special features in breeding of the Yakutian horses. The Yakutian horses stay outdoors all year round and feed mainly on fodder. At present, villagers have started to maximize the number of horses due to the unpretentiousness of their feeding. However, another problem has arisen – due to the sharp increase in horse number there is not enough fodder. To solve this problem, it is proposed to organize mechanical distribution of additional feeding in the form of hay in decentralized areas. When calculating additional feeding norm, the following are taken into account: the required mass of hay, which is determined by the herd and the normative amount of hay per horse; the distance between hay distribution place and storage place, fuel consumption and pasture area. The aim of the study is to develop a methodology for forecasting the level of efficiency of herd horse breeding at the mechanized method of hay delivery and distribution by applying a mathematical dependence. It can help in choosing the location and distance for the organization of horse breeding bases in decentralized areas in the conditions of Yakutia. The calculations for preliminary assessment of proposed mathematical dependence efficiency were carried out. The initial data were taken for the existing horse breeding farm – LLC "Horse Farm Berte". The obtained results of forecast calculations have shown that the efficiency of production increases significantly, on average by 56.5% at mechanization of delivery and distribution of additional feeding in decentralized horse-breeding bases. At the farthest horse farm, located 60 km away from the central farmstead, it is possible to increase the number of animals from 145 to 227.

Keywords: mechanization of feed delivery and distribution, herd horse breeding, horse farm, additional feeding, autonomous module, inter-shift parking, fodder supply, efficiency of horse breeding mechanization

For citation: Anisimov E. E., Druzyanova V. P., Kirillin A. A. Methodology for assessing the efficiency of horse breeding mechanization under conditions of extremely low temperatures. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;1:57–64. (in Russ.). doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-57-64.

Введение. С давних времен в Якутии занимались табунным коневодством. В настоящее время крестьянские хозяйства расположены в поселениях, подключенных к электросетям. Пастбища вытоптаны и лошадям не хватает кормов. В то же время под пастбища освоено только около 35 % угодий, а 65 % заброшены по причине их децентрализованности. В данное время насчитывается 579 коневодческих хозяйств (конебаз) [1]. К сожалению, в большинстве из них отсутствует механизация трудоемких процессов. Машинно-тракторный парк используется только для передвижения и при сенокосении.

На наш взгляд, для увеличения количества лошадей и соответственно числа коневодческих хозяйств, необходимо освоение децентрализованных земель, что возможно при применении автономных генерирующих установок. А для эффективности коневодства необходимо внедрять механизацию подвоза и подачи дополнительного корма животным при помощи колесных тракторов тягового класса от 0,3

до 1,4. По статистическим данным, общее количество тракторов и автомобилей в существующих коневодческих хозяйствах составляет около 1 116 ед. [2].

Следует отметить, что в Республике Саха (Якутия) на протяжении многих лет лошади содержатся в табунах вольно-косячным способом. Жилое помещение коневоды строят из срубов или приобретают вагоны-бытовки, а существенной проблемой является строительство гаражей. Ввиду огромных территорий угодий конебаз без тракторов и другой техники эффективное производство невозможно. Отсутствие дорог, толщина снега зимой и сезонные почвенные изменения весной и осенью требуют обязательного применения колесных тракторов и другой вездеходной техники.

По нормативным документам министерства сельского хозяйства Республики Саха (Якутия), коневодческая база должна иметь, как минимум 50 голов лошадей, и для строительства соответствующей инфраструктуры фермерам выделяется

примерно 4 млн. рублей. Однако, только на строительство гаража из этих средств расходуется около 900 тыс. руб. В связи с удорожанием стройматериалов в данное время выделяемых денежных средств недостаточно для строительства необходимого объема помещений и объектов инфраструктуры.

Для организации надлежащего хранения технических средств решающее значение имеют соответствующие условия, от которых, в свою очередь, зависит продолжительность периода эксплуатации техники. Бесперебойная работа узлов и агрегатов, прогрев двигателя, а также обеспечение его надежного пуска возможны лишь в стояночных гаражах с обогревом. В тоже время, содержание техники в таких гаражах предполагает весьма значительные затраты, что является серьезным препятствием для большинства фермерских хозяйств республики. В качестве альтернативного варианта решения данного вопроса мы предлагаем оборудовать децентрализованные конезащиты автономными модулями для межсезонной стоянки энергетических машин.

Целью исследований явилась разработка методики прогнозирования уровня эффективности табунного коневодства при механизированном способе подвоза и раздачи сена путем применения математической зависимости, которая может помочь в выборе месторасположения и определении расстояния для организации коневодческих баз в децентрализованных местностях в условиях Якутии.

Материалы и методы исследований. Эффективность табунного коневодства определяется сохранностью и увеличением поголовья лошадей. В условиях Якутии необходимо учесть тот факт, что в зимние стужи и весенний гололед подножного корма не хватает или же ввиду низких температур лошадям затруднено самим добывать этот корм. Поэтому, обязательно предусматривается дополнительная подкормка. На наш взгляд, своевременность ее подачи зависит от температуры окружающего воздуха, изменений структуры снежного покрова и доли дополнительного корма.

Доля дополнительного корма – это масса сена, зависящая от поголовья табуна и доставляемая от некоторого расстоя-

ния хранения сена до места его раздачи с использованием трактора с прицепом.

По итогам изучения существующих технологий, рассмотренных в работе [3], и с учетом особенностей конезащит Республики Саха (Якутия), основным параметром эффективности производства в табунном коневодстве является сохранность численности лошадей.

Учитывая характерные особенности ведения коневодства в республике, можно обозначить ряд факторов, от которых зависит сохранность поголовья: общая площадь пастбища; урожайность пастбища, а также стабильная подача животным дополнительных кормов (1):

$$L = S_{\text{уг}} \cdot d_1 \quad (1)$$

где L – численность лошадей, гол.;
 $S_{\text{уг}}$ – общая площадь пастбища, га;
 $d_1^{\text{уг}}$ – норма дополнительных кормов на одну голову с одного гектара пастбища.

$S_{\text{уг}}$ зависит от нормы площади пастбища на одну голову, которая Е. В. Рудым в работе [2] определяется формулой (2):

$$S_{\text{уг}} = N \cdot n \quad (2)$$

где N – численность лошадей, гол.;
 n – норма площади пастбищных угодий на одну лошадь (равна 1,5 га, а в условиях Якутии – 15–20 га) [4, 7].

Сохранение численности лошадей в период питания подножным кормом в большей степени зависит от обеспечения своевременной подачи прикорма.

Отметим, что коневодческие базы Якутии преимущественно расположены возле населенных пунктов, что приводит к интенсивному вытаптыванию пастбищ и постепенному снижению их урожайности. Так как в республике с момента распада СССР не проводились работы, направленные на улучшение свойств и повышение производительности земель, лошади ежегодно нуждаются в докармливании.

При этом объем докармливания лошадей рассчитывается с учетом таких сезонных факторов как неудовлетворительное состояние наземных транспортных путей в весенний и осенний периоды, а в

зимние месяцы – температурный режим и высота снежного покрова:

$$V_k = f(t_{\text{окр}}; w; d_1) \quad (3)$$

где V_k – объем докармливания лошадей, кг;
 $t_{\text{окр}}$ – температура окружающего воздуха, °С;
 w – высота снежного покрова, мм.

В Якутии источником дополнительного корма для лошадей являются грубые корма, в частности сено, пищевая ценность которого определяется качеством травянистых растений, измеряемым в кормовых единицах. При этом требуемый объем сена в расчете на одну лошадь определяется соответствующими нормами (от 1,8 до 2,8 корм. ед. на каждые 100 кг живой массы лошади) [4].

При использовании функции объема докармливания лошадей следует учитывать, что температурный режим и высота снежного покрова являются неуправляемыми факторами, значение которых определяется климатическими особенностями Якутии и меняется ежегодно.

В этой связи полагаем, что своевременное кормообеспечение лошадей зависит от такого фактора, как требуемый объем прикорма (d_1).

Грубые корма, как правило, хранятся на удаленных участках пастбищ, и ускорить доставку требуемой для животных массы сена (M_c) можно путем использования трактора с прицепным устройством.

Из этого следует, что норма дополнительных кормов зависит от расстояния между местом раздачи сена и местом его хранения, а также от расхода топлива, необходимого для подвоза сена. С учетом перечисленных факторов, нами предлагается производить расчет нормы дополнительных кормов по формуле (4):

$$d_1 = \frac{0,84 \cdot M_c}{l \cdot \omega \cdot p} \quad (4)$$

где M_c – требуемая масса сена, определяемая произведением количества лошадей на нормативное количество сена на одну лошадь, кг;

l – расстояние между местом раздачи сена и местом его хранения, км;

ω – расход топлива, л/км;

p – площадь пастбища, га.

Применение формулы (4) позволит рассчитать норму дополнительных кормов в конкретных условиях, учитывая место прикорма животных, расположение хранилищ грубых кормов и тип используемого для подвоза корма транспортного средства.

С использованием данной формулы также появляется возможность прогнозирования уровня эффективности табунного коневодства при механизированном способе подвоза и раздачи сена. Для этого предлагается математическая зависимость (5):

$$L = S_{\text{уг}} \cdot \frac{0,84 \cdot M_c}{l \cdot \omega \cdot p} \quad (5)$$

Приведенная зависимость показывает, что показатель расстояния между местом раздачи сена и местом его хранения является наиболее значимым фактором, оказывающим влияние на уровень эффективности коневодства.

Таким образом, механизация производственных процессов в коневодческих хозяйствах республики (подвоз и выдача прикорма, осмотр пастбищ, передвижение коневодов и доставка необходимых хозяйственно-производственных средств) позволит минимизировать такие проблемы табунного коневодства как неудовлетворительное состояние дорожной сети и падеж поголовья из-за недостатка кормов. Также станет возможным освоение удаленных сельскохозяйственных угодий, а в перспективе – увеличится поголовье лошадей. Для достижения данных задач мы предлагаем использовать тракторы тягового класса 1,4 марки МТЗ [5] (рис. 1).

Для реализации приведенных мероприятий считаем необходимым разработку и внедрение в коневодческих хозяйствах быстровозводимых сооружений для межсменной стоянки техники, которые характеризуются невысокой стоимостью, но являются достаточно эффективными по теплоизоляционным показателям.

Результаты исследований и их обсуждение. Для предварительной оценки эффективности предложенной нами зави-

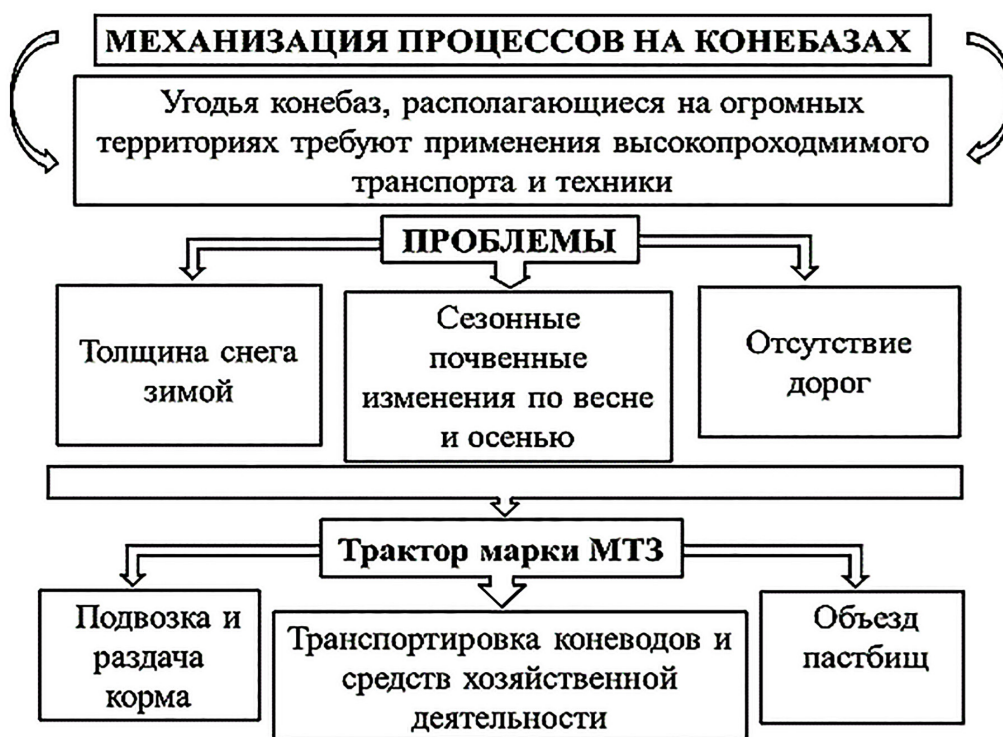


Рисунок 1 – Схема механизации работ в коневодческих хозяйствах
 Figure 1 – Scheme of mechanization of works in horse farms

симости были проведены расчеты. Исходные данные взяты по действующему коневодческому хозяйству – ООО «Конезавод Берте», расположенному в Хангаласском районе. Всего имеется шесть конебаз. База, расположенная в 12 км от центральной усадьбы, работает только в летний период как кумысная ферма. Вторая база расположена на расстоянии 6 км и имеет соответствующую инфраструктуру [6]. Эти две коневодческие базы в расчет не принимались.

Характеристика децентрализованных коневодческих баз показана в таблице 1. Из представленной таблицы видно,

что площади освоенных пастбищных угодий не соответствуют по коэффициенту нормативного значения пастбищного угодья на одну голову, который составляет 1,5 га, а в условиях Якутии 15–20 га [7].

Поголовье в хозяйствах также различается. Следовательно, расчеты были разделены на две части. Первая часть выполнялась по фактическим данным хозяйств, вторая – при условии одинаковых расстояний от центральной усадьбы. Это обусловлено тем, что именно расстояние между местом раздачи сена и местом его хранения оказывает основное воздействие на эффективность табунного коневодства.

Таблица 1 – Децентрализованные коневодческие базы ООО «Конезавод Берте»
 Table 1 – Decentralized horse breeding bases LLC "Berte Horse Farm"

Наименование коневодческих баз	Площадь угодий, га	Расстояние от центральной усадьбы, км	Количество голов
«Харыйалаах Урэх»	400	28	270
«Бэстээх Урэх»	250	36	187
«Най»	160	45	350
«Булгуннях»	550	60	145

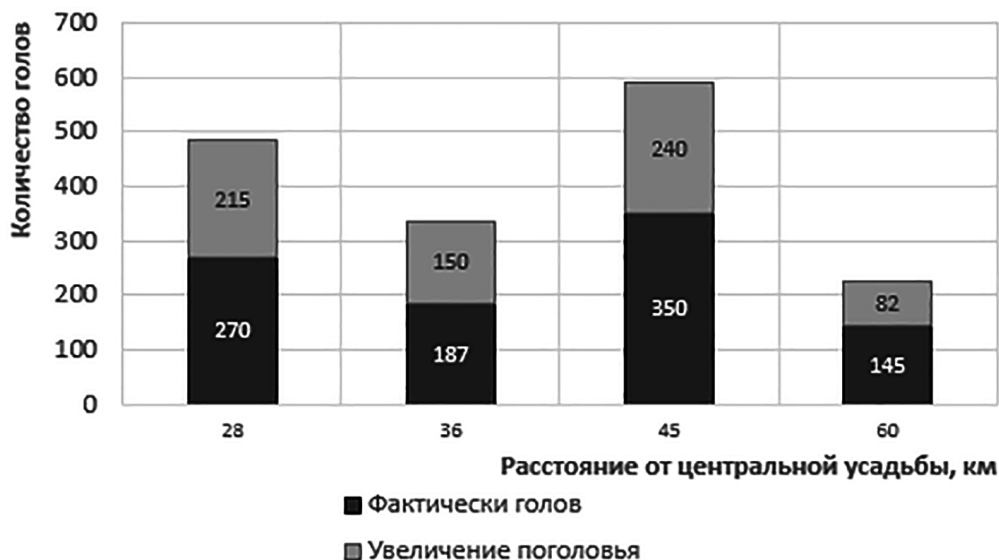


Рисунок 2 – Расчетная оценка оценки эффективности механизации в действующих конезазах ООО «Конезавод Берте»

Figure 2 – Calculation assessment of the effectiveness of mechanization in the existing horse farms of Berte Stud Farm LLC

Результаты расчетов по данным коневодческих баз показаны на рисунке 2.

Приведенные результаты прогнозных расчетов свидетельствуют, что при механизации подвоза и раздачи дополнительного корма в децентрализованных коневодческих базах существенно повышается эффективность производства – в среднем на 56,5 %.

Например, на самой дальней конезазе, расположенной в 60 км от центральной усадьбы, поголовье можно увеличить от 145 до 227 голов.

Для прогнозной оценки эффективности проведены расчеты при разных расстояниях от центральной усадьбы. При этом количество голов и площади угодий приняты одинаковыми (рис. 3).

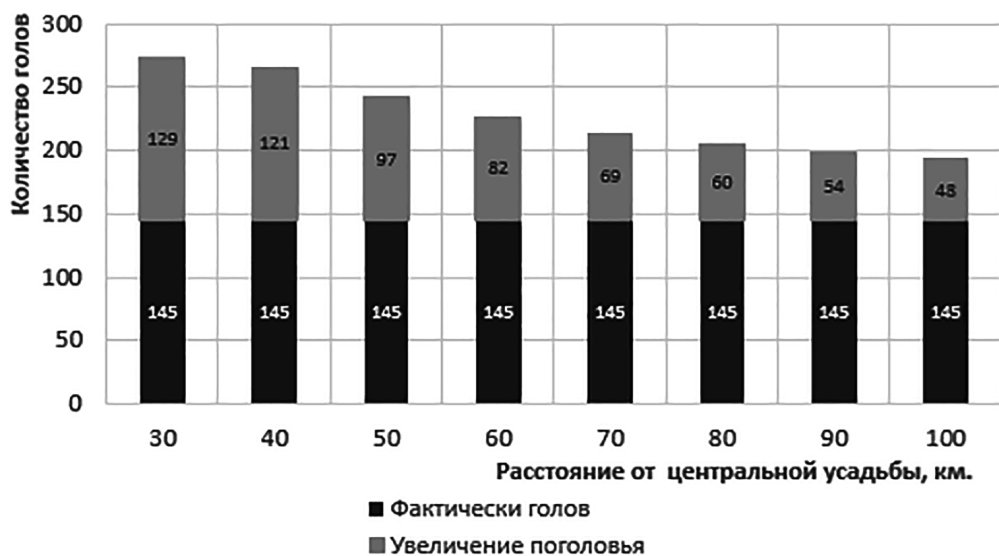


Рисунок 3 – Прогнозируемая расчетная оценка эффективности механизации с имитируемыми данными

Figure 3 – Predicted calculation assessment of mechanization efficiency with simulated data

Сохранения и увеличения поголовья лошадей путем механизации процессов подвоза и раздачи дополнительного корма можно достичь в том случае, если места прикормки расположены от хранилищ сена на расстоянии от 30 до 100 км. При более дальних расстояниях эффект нивелируется, так как возрастают расходы на топливо тракторов.

Заключение. Таким образом, сохранения и увеличения поголовья лошадей при табунном коневодстве в условиях Якутии можно достичь путем применения новых методов и технических средств, обеспечивающих надежность использо-

вания колесных тракторов с разработкой автономного модуля для их межсменной стоянки в децентрализованных коневодческих базах Республики Саха (Якутия).

Полученная математическая зависимость, описывающая влияние на эффективность разведения лошадей степени механизации подвоза и раздачи дополнительного корма животным в холодный период, а также расстояния завоза корма и численности лошадей может помочь в выборе месторасположения и определении расстояния для организации коневодческих баз в децентрализованных местностях в условиях Якутии.

Список источников

1. Романова В. В., Попов Р. Г., Николаева Н. А., Федоров В. И., Хомподоева У. В., Осипов В. Г., Иванов Р. В. Актуальные направления исследований в животноводческой отрасли Республики Саха (Якутия) // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2017. № 3 (193). 107–114. EDN ZQJCVB.
2. Рудой Е. В., Петрова М. И. Состояние и меры поддержки табунного коневодства Республики Саха (Якутия) // Инновации и продовольственная безопасность. 2017. № 2 (16). С. 71–76. EDN: ZFVAYT.
3. Болаев В. К. Экономическая эффективность и перспективы развития табунного коневодства в республике Калмыкия // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2008. № 2 (17). 16–24. EDN VMFPNN.
4. План селекционно-племенной работы по животноводству Республики Саха (Якутия) на 2018–2022 годы // Министерство сельского хозяйства и продовольственной политики Республики Саха (Якутия). URL: <https://minsel.sakha.gov.ru/files/front/download/id/1806993> (дата обращения: 19.10.2023).
5. Трактор МТЗ-82 // Спецтехника Инфо. URL: <https://spectekhnika.info/traktor-mtz-082/> (дата обращения: 02.10.2023).
6. Мачахтырова В. А., Мачахтыров Г. Н. Характеристика племенных лошадей приленской породы ООО «Конезавод Берте» Республики Саха (Якутия) // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова. 2018. № 4 (53). С. 62–70. EDN YWOZQL.
7. Алферов И. В., Иванов Р. В., Осипов В. Г., Пак М. Н. Конские пастбища Арктики Якутии // Иппология и ветеринария. 2022. № 3 (45). С. 11–18. EDN HVVHZL.

References

1. Romanova V. V., Popov R. G., Nikolaeva N. A., Fedorov V. I., Khompodoeva U. V., Osipov V. G., Ivanov R. V. Actual lines of research in animal husbandry of the Republic of Sakha (Yakutia). *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*, 2017;3(193):107–114. EDN ZQJCVB (in Russ.).
2. Rudoy E. V., Petrova M. I. Status and measures to support tabune concentration of the Republic of Sakha (Yakutia). *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2017;2(16):71–76. EDN ZFVAYT (in Russ.).
3. Bolaev V. K. Economic efficiency and prospects for the development of herd horse breeding in the Republic of Kalmykia. *Vestnik Instituta kompleksnykh issledovaniy aridnykh territoriy*, 2008;2(17):16–24. EDN VMFPNN (in Russ.).

4. Plan selektsionno-plemennoy raboty po zhivotnovodstvu Respubliki Sakha (Yakutiya) na 2018–2022 gody [The plan of breeding and breeding work on animal husbandry of the Republic of Sakha (Yakutia) for 2018–2022] *Minsel.sakha.gov.ru* Retrieved from <https://minsel.sakha.gov.ru/files/front/download/id/1806993> (Accessed 19 October 2023) (in Russ.).

5. Traktor MTZ-82 [MTZ-82 tractor]. *Spektekhnik.info* Retrieved from <https://spektekhnik.info/traktor-mtz-082/> (Accessed 02 October 2023) (in Russ.).

6. Machakhtyrova V. A., Machakhtyrov G. N. Characteristics of breeding horses of the Prilensky breed of LLC Konezavod Berte of the Republic of Sakha (Yakutia). *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii imeni V. R. Filippova*, 2018;4(53):62–70. EDN YWOZQL (in Russ.).

7. Alferov I. V., Ivanov R. V., Osipov V. G., Pak M. N. Horse pastures of the Arctic Yakutia. *Ippologiya i veterinariya*, 2022;3(45):11–18. EDN HVVHZL (in Russ.).

© Анисимов Е. Е., Друзьянова В. П., Кириллин А. А., 2024

Статья поступила в редакцию 25.01.2024; одобрена после рецензирования 12.03.2024; принята к публикации 15.03.2024.

The article was submitted 25.01.2024; approved after reviewing 12.03.2024; accepted for publication 15.03.2024.

Информация об авторах

Анисимов Евсей Евсеевич, старший преподаватель, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, evsei_mexx@mail.ru;

Друзьянова Варвара Петровна, доктор технических наук, профессор, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, druzvar@mail.ru;

Александр Александрович Кириллин, студент, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, kirillin123456@mail.ru

Information about the authors

Evsey E. Anisimov, Senior Lecturer, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, evsei_mexx@mail.ru;

Varvara P. Druzyanova, Doctor of Technical Sciences, Professor, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, druzvar@mail.ru;

Alexander A. Kirillin, Student, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, kirillin123456@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 631.347:631.86

EDN OTCPVU

DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-65-73

Технологические аспекты очистки навозных стоков

Александр Николаевич Головки¹, Анатолий Михайлович Бондаренко²

^{1,2} Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, Ростовская область, Зерноград, Россия

¹ alexnikgol@rambler.ru, ² bondanmih@rambler.ru

Аннотация. Современные вызовы мировой экономики все чаще вынуждают обращать внимание на состояние животноводства в России. Являясь одним из ключевых направлений сырьевого ресурса пищевой промышленности, животноводство, в том числе его свиноводческое направление, испытывают значительные трудности в борьбе за экологичность и конкурентоспособность отрасли. Основные проблемы возникают в процессе производства побочных продуктов, таких как жидкий навоз. Так как по экологическим требованиям для переработки этого продукта требуются значительные затраты, возникает необходимость поиска и оптимизации технологий его переработки. Целью исследования является обоснование оптимизации технологии очистки навозных стоков. В процессе исследования рассматривается вариант технологической линии очистки навозных стоков с оптимальным набором технологического оборудования. Последняя ступень очистки представлена осветлением рабочей жидкости после разделения стоков в напорной флотационной установке. Проблемой применения напорной флотационной установки для осветления навозных стоков является низкая обеспеченность данными для расчета ее конструктивных параметров в соответствии с характеристиками нового осветляемого продукта.

Ключевые слова: глубокая переработка, технологический процесс, жидкий навоз, переработка жидкого навоза, разделение на фракции, напорная флотация

Для цитирования: Головки А. Н., Бондаренко А. М. Технологические аспекты очистки навозных стоков // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 1. С. 65–73. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-65-73.

Original article

Technological aspects of manure wastewater treatment

Aleksandr N. Golovko¹, Anatoliy M. Bondarenko²

^{1,2} Azov Black Sea Engineering Institute – Branch of Don State Agrarian University
Rostov region, Zernograd, Russian Federation

¹ alexnikgol@rambler.ru, ² bondanmih@rambler.ru

Abstract. Modern challenges of global economy increasingly require focusing on the state of livestock farming in Russia. As one of key areas of raw material resource of food industry, livestock farming, including pig farming, is undergoing significant difficulties in the struggle for environmental friendliness and competitiveness of the industry. The main difficulties arise in the production of by-products such as liquid manure. The processing of this product requires significant costs according to environmental requirements, and there is a need to search for and optimize technologies for its processing. The purpose of the study is to substantiate the optimization of manure wastewater treatment technology. During the research, an option for a technological line for

treating manure wastewater with an optimal set of technological equipment is being considered. The last stage of purification is represented by clarification of the working fluid after separation of wastewater in a pressure flotation unit. The problem with using a pressure flotation unit for clarification of manure waste is the low availability of data for calculating its design parameters in accordance with the characteristics of the new clarified product.

Keywords: deep processing, technological process, liquid manure, liquid manure processing, division into factions, pressure flotation

For citation: Golovko A. N., Bondarenko A. M. Technological aspects of manure wastewater treatment. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;1:65–73. (in Russ.). doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-65-73.

Введение. По данным Росстата поголовье свиней в Ростовской области на 1 января 2023 г. составило 331 754 голов; при этом выход жидкого навоза от указанного поголовья достигает в среднем 726 тысяч тонн в год. Распространение бесподстилочной технологии содержания животных с использованием гидросмыва и самотечных систем навозоудаления делает проблему хранения и утилизации навоза еще более актуальной.

Получаемый от животных навоз относится, согласно последним изменениям Федерального классификационного каталога отходов (приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242), к третьему классу опасности, и, соответственно, задача его обеззараживания находится на одном уровне с другими главными стратегическими задачами сельского хозяйства России [1, 2]. Основой правильного решения этой задачи является комплексный подход к использованию оборудования и технологий для обеззараживания и глубокой переработки жидкого свиного навоза.

Целью исследований явилось обоснование оптимизации технологии очистки навозных стоков.

Материалы и методы исследования. В ходе исследования использовались методы системного анализа и синтеза [3–5]. Использование системного анализа позволило выявить основные показатели модели технологической линии тонкой очистки жидкого навоза. Метод системного анализа использовался для подбора технологического оборудования по критериям и характеристикам, полученным в результате описания модели технологической линии. В процессе определения критериев и характеристик каждого технологического этапа для

подбора необходимого технологического оборудования методически необходимо было описать каждый этап соответствующим функциональным блоком с входными и выходными параметрами, соответствующими описанному технологическому этапу.

Для описания функциональных блоков в рамках данного исследования применялся метод моделирования, благодаря которому изменения характеристик выходящего из функционального блока продукта по сравнению с характеристиками входящего в функциональный блок описывались соответствующим математическим выражением с сохранением всех параметров входного и выходного свойства [6, 7].

Результаты исследований. Процесс глубокой переработки жидкого навоза предусматривает выполнение нескольких технологических операций, производимых последовательно в процессе изменения свойств перерабатываемого продукта.

Для достижения цели данного исследования проведен анализ опыта использования технологической линии с использованием флотации для очистки рабочей жидкости после разделения жидкого свиного навоза. *Рассмотрим один из вариантов технологической линии, содержащей оптимальный набор технологического оборудования, используемого на определенных технологических этапах очистки жидкого навоза.*

Технологическая линия тонкой очистки жидкого навоза представлена функциональными блоками, заменяющими реальное технологическое оборудование (рис. 1). В процессе движения продукта по технологической линии меняются

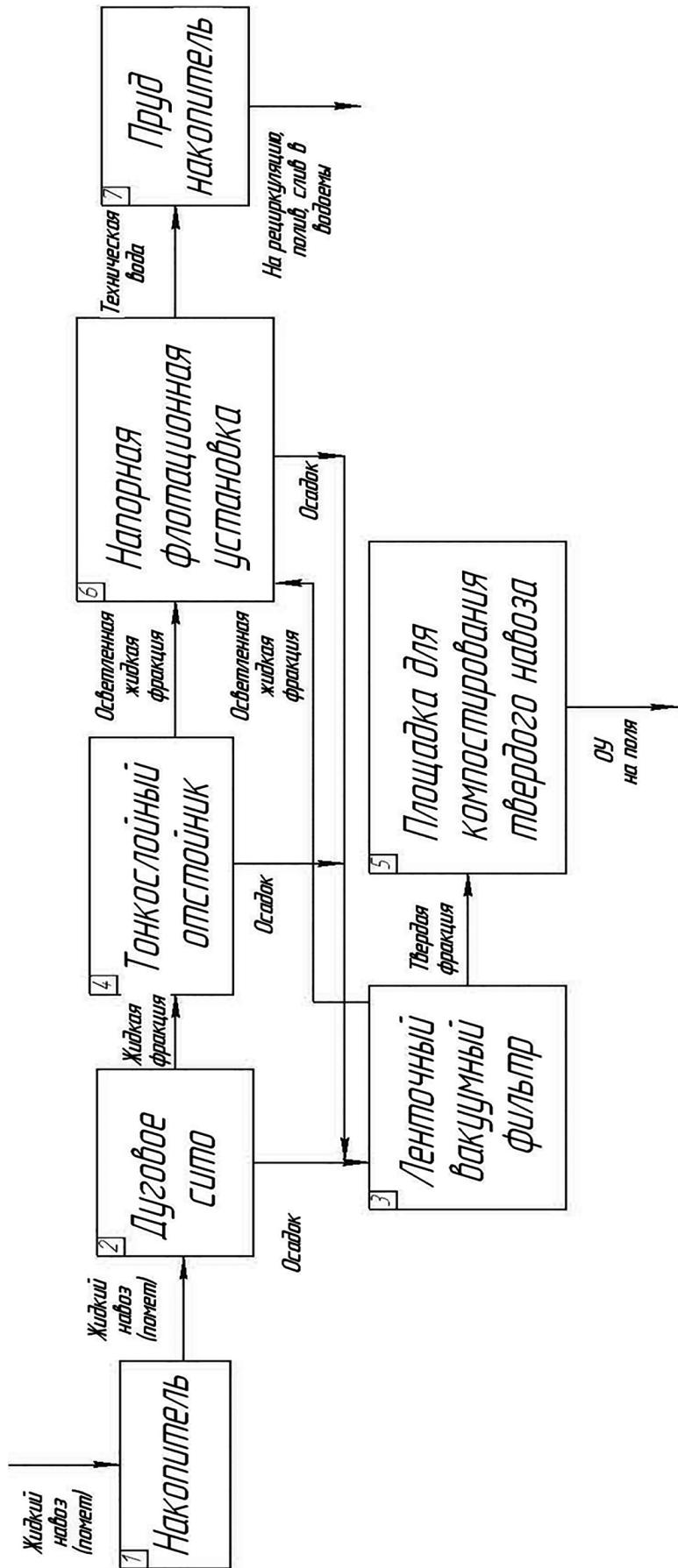


Рисунок 1 – Функциональная схема технологической линии тонкой очистки жидкого навоза
 Figure 1 – Functional scheme of technological line for fine purification of liquid manure

его физико-химические и микробиологические характеристики. Движение продукта по технологической линии обозначено стрелками. Основным показателем, который меняется в процессе прохождения продукта, является его влажность.

Расчет режима работы технологической линии отстраивался от производительности основного оборудования и сооружений, входящих в ее состав. Основным входным параметром модели линии являются количество жидкого навоза и его влажность.

Работа технологической линии предусматривает накопление жидкого навоза в навозоприемнике, представленном в рассматриваемой технологической линии блоком 1. При этом, согласно Федеральному классификационному каталогу отходов, навозоприемник должен быть рассчитан на объем жидкого навоза, накапливаемого в течение 14 дней.

Второй блок разделения на фракции представлен в линии дуговым ситом. В рекомендациях по использованию дуговых сит представлены две модификации: СДФ-50 и дуговое сито конструкции Всероссийского научно-исследовательского проектно-технологического института механизации и электрификации сельского хозяйства (ВНИПТИМЭСХ). Указанное оборудование имеет одинаковую производительность ($50 \text{ м}^3/\text{ч}$) и одинаковую влажность фильтрата, равную 98,7 %.

Влажность твердой фракции, получаемой после дугового сита СДФ-50, составляет 88 %, а у дугового сита конструкции ВНИПТИМЭСХ находится в диапазоне от 82 до 88 %. После модернизации конструкции ВНИПТИМЭСХ в соответствии с уровнем современной автоматизации процесса, влажность твердой фракции можно снизить до 78–80 %.

В результате, согласно нормативам, установленным Федеральным классификационным каталогом отходов, влажность рабочей жидкости после разделения составит 98,7 %, а влажность твердой фракции будет равна 88 %.

По ходу технологического цикла жидкая фракция подвергается гравитационному отделению твердых взвесей в тонкослойном отстойнике (блок 4). Для расчета в данном исследовании будет рас-

смотрена конструкция горизонтального тонкослойного отстойника.

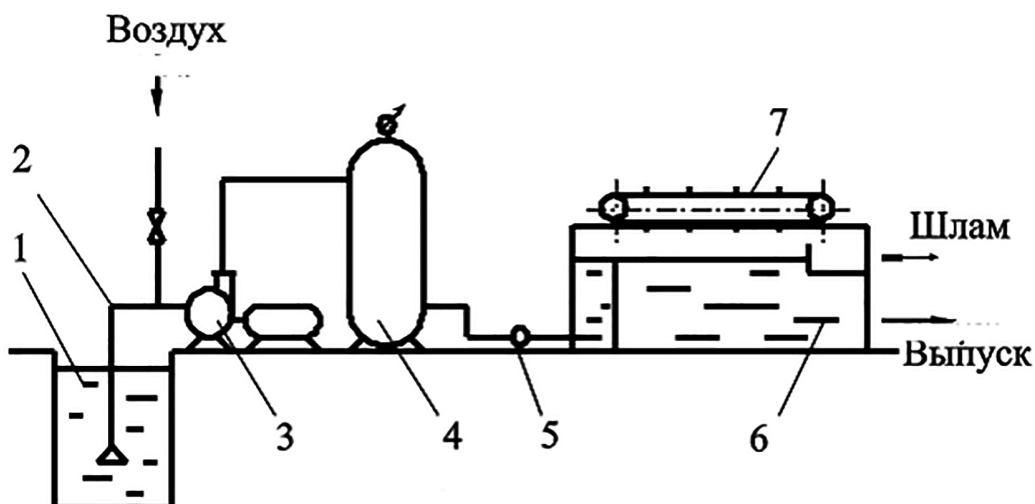
Твердая фракция после дугового сита направляется на ленточный вакуум-фильтр (блок 3), в котором происходит дообезвоживание твердого осадка до влажности 70–75 %. После ленточного вакуум-фильтра твердая фракция транспортируется на площадку для компостирования, представленную в исследуемой технологической линии блоком 5, на которой в процессе компостирования происходит ее термическое обеззараживание.

Осветленная жидкость после тонкослойного отстойника и ленточного вакуум-фильтра поступает в напорную флотационную установку, представленную в рассматриваемой технологической линии блоком 6. Конструкции флотаторов, выпускаемых отечественными и иностранными производителями, разделяются по количеству камер на однокамерные и многокамерные; по форме – на радиальные и горизонтальные; по способу образования пузырьков воздуха в жидкости установки – с механической флотацией, с электрофлотацией и с напорной флотацией (выделение пузырьков из раствора).

Одна из конструкций напорной флотационной установки радиального типа была разработана ВНИПТИМЭСХ для осветления животноводческих стоков [8]. Существующие флотаторы, разработанные для очистных сооружений канализационных стоков городской канализации, малоэффективны для очистки животноводческих стоков, состав и другие характеристики которых существенно отличаются от стоков городской канализации. Конструкция флотатора ВНИПТИМЭСХ предусматривает изменение характеристик обрабатываемой жидкости, обеспечивая ее эффективное осветление.

Рассмотрим классическую схему напорной флотационной установки (рис. 2).

Особенность использования классической конструкции для осветления навозных стоков состоит в том, что существующие параметры таких установок, имеющиеся в нормативно-справочной литературе, не содержат сведений по этому продукту. Поэтому необходимо дополнительное исследование установки для выявления наиболее оптимальных параметров ее работы.



1 – приемный резервуар; 2 – приемный трубопровод; 3 – нагнетающий насос; 4 – напорный бак; 5 – регулятор давления; 6 – флотационная камера; 7 – поверхностные скребки
 1 – receiving tank; 2 – receiving pipeline; 3 – injection pump; 4 – pressure tank; 5 – pressure regulator; 6 – flotation chamber; 7 – surface scrapers

Рисунок 2 – Схема напорной флотационной установки
Figure 2 – Scheme of a pressure flotation unit

Для исследования процесса осветления жидкого навоза в напорной флотационной установке наиболее целесообразно рассмотреть ее модель с заданием реальных параметров процесса. Для моделирования используем тип модели «Черный ящик», чтобы иметь возможность изучить воздействие внешних факторов на систему моделирования (рис. 3).

На вход объекта поступают объем рабочей жидкости Q_1 с плотностью ρ_1 . На

выходе модели получаем объем осветленной жидкости Q_2 , плотность осветленной жидкости ρ_2 и объем пены с осадком Q_3 . Внешние воздействия, влияющие на параметры выхода, представлены в модели степенью очистки ε и конструктивными параметрами: высотой камеры флотационной установки H и ее диаметром D .

В модели приняты следующие допущения: поступающие на вход модели объем рабочей жидкости Q_1 и плотность

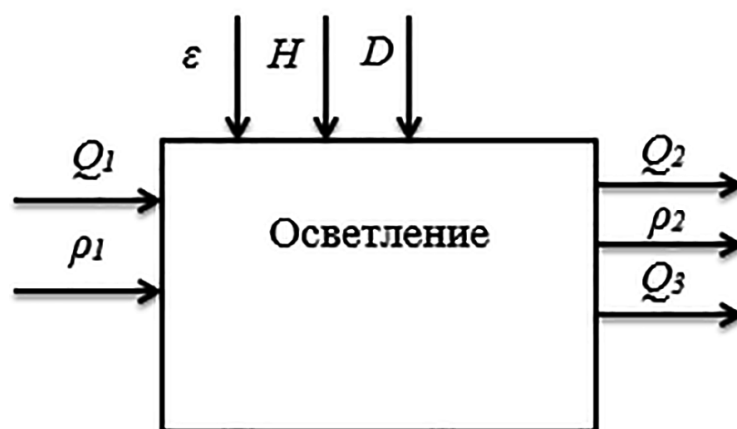


Рисунок 3 – Функциональная модель напорной флотационной установки
Figure 3 – Functional model of a pressure flotation unit

жидкости ρ_1 принимаются постоянными и не зависящими от внешних факторов величинами; объем осветленной жидкости $Q_2 \leq Q_1$; плотность осветленной жидкости на выходе модели $\rho_2 \leq \rho_1$.

Рассмотрим зависимость выходных параметров от параметров внешнего воздействия. Степень осветления рабочей жидкости вычисляется по формуле (1) [8]:

$$\varepsilon = \frac{C_p - C_o}{C_p} \quad (1)$$

где C_p и C_o – концентрации взвеси в рабочей и осветленной жидкости соответственно.

Как видно из формулы (1), напрямую объем осветленной жидкости не связан со степенью ее осветления.

Высота флотационной камеры известна также как рабочая глубина флотатора [8] и рассчитывается по формуле (2):

$$H_{\phi} = 0,06 \cdot V_{\text{восх}} \cdot t_k \quad (2)$$

где $V_{\text{восх}}$ – скорость восходящего движения воды в камере, мм/с (принимается в пределах 6–8 мм/с);

t_k – время пребывания воды в камере (рекомендуется принимать 6–8 мин. для камер грубой очистки и отстойной, 4–5 мин. – для флотационной).

Диаметр флотатора или его ширины определяется по формуле (3) [8]:

$$B = \sqrt{\frac{W_{\text{кф}}}{H_{\phi}}} \quad (3)$$

$$W_{\text{кф}} = \frac{Q_{\text{ч}} + Q_{\text{р}}}{60 \cdot \eta_0} \quad (4)$$

где $W_{\text{кф}}$ – объем рабочей камеры флотатора, определяемый по формуле (4), м³;

$Q_{\text{ч}}$ – часовая производительность установки, м³/ч;

$Q_{\text{р}}$ – расход рециркулирующей воды, м³/ч (при давлении 5–6 кгс/см² принимают равным (0,15 – 0,2) от величины $Q_{\text{ч}}$);

η_0 – коэффициент объемного использования флотатора (равен 0,4).

Такой параметр входа, как плотность жидкости, связан в расчетах следующими формулами.

Максимально возможное время нахождения пузырька во флотационной камере определяется по формуле (5):

$$\tau = \frac{H}{\omega} \quad (5)$$

$$\omega = \frac{2,8 \cdot 10^{-2} \cdot d^2 \cdot (\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{в}}) \cdot g}{\mu} \quad (6)$$

где H – высота слоя жидкости, находящейся во флотационной камере, м;

ω – скорость движения пузырька в слое жидкости, находящейся во флотационной камере, определяемая по формуле (6), м/с;

d – диаметр воздушного пузырька, м;

$\rho_{\text{ж}}$ и $\rho_{\text{в}}$ – соответственно плотности жидкости и воздуха, кг/м³;

μ – динамическая вязкость жидкости, Па·с.

Для определения диаметра пузырька, образующегося при дросселировании перенасыщенного водного раствора воздуха, существует зависимость (7) [8]:

$$d = 10^4 \cdot \exp(-0,09 \cdot u) \quad (7)$$

где u – скорость дросселирования рабочей жидкости, м/с.

Полученные экспериментальным путем зависимости параметров выхода от внешних воздействий представлены на рисунках 4, 5.

Из рисунка 4 видно, что с увеличением производительности установки (Q) степень осветления (ε) уменьшается, а высота камеры (H) увеличивается.

При этом рациональное значение этих параметров, согласно графикам, наблюдается при значении производительности, составляющей около $6,8 \cdot 10^3$ м³/с.

Из рисунка 5 видно, что диаметр (D) камеры напорной флотационной установки принимает значения от 1,3 до 3 м в зависимости от высоты камеры (H) установки и ее производительности (Q).

Выводы. На основании представленных зависимостей получено значение высоты камеры (H), равное 2,25 м, для модернизации напорной флотационной

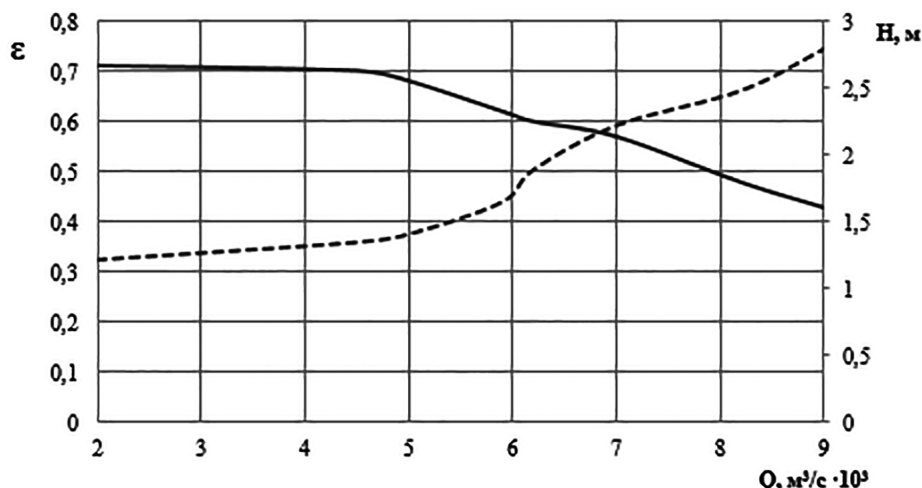


Рисунок 4 – Зависимость степени осветления и высоты камеры напорной флотационной установки от производительности установки
Figure 4 – Dependence of clarification degree and chamber height of a pressure flotation unit on the productivity of unit

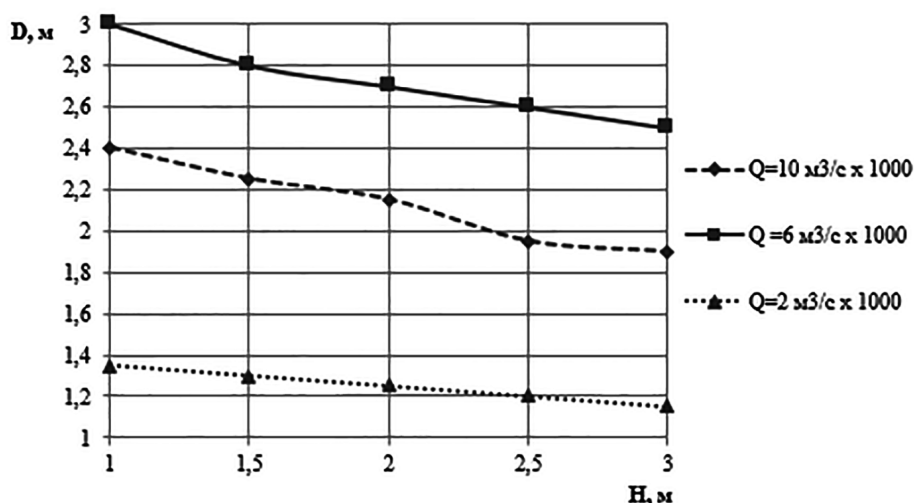


Рисунок 5 – Зависимость диаметра камеры напорной флотационной установки от ее высоты при определенных значениях производительности
Figure 5 – Dependence of chamber diameter of a pressure flotation unit on its height at certain productivity values

установки, конструктивные параметры которой обеспечивают:

степень осветления (ϵ), равную 5,78;
 производительность (Q), приблизительно имеющую значение $6,8 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{с}$.

При модернизации напорной флотационной установки требуется проведение дополнительных исследований, направленных на повышение качества очистки навозных стоков с учетом физико-механических и физических показателей.

Список источников

1. Брюханов А. Ю., Максимов Д. А., Хухта Х., Васильев Э. В., Минин В. Б., Субботин И. А. Рекомендации по организации и проведению производственного экологического контроля систем переработки и использования навоза (помета): порядок разработки технологического регламента. Санкт-Петербург : Северо-Западный НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства, 2012. 53 с. EDN QLDALD.

2. Гречишкина Ю. И., Есаулко А. Н., Горбатко Л. С., Беловолова А. А., Коростылев С. А., Айсанов Т. С. Экологические аспекты применения удобрений в современной земледелии // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 3 (7). С. 112–115. EDN PCQTUR.

3. Качанова Л. С. Многокритериальная модель обоснования выбора ресурсосберегающей технологии производства и применения органических удобрений // Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В. П. Горячкина. 2016. № 3 (73). С. 33–40. EDN WAGPJR.

4. Качанова Л. С. Техничко-экономические критерии обоснования эффективности технологических процессов производства и использования удобрений // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2015. № 2 (18). С. 188–205. EDN UAHACZ.

5. Качанова Л. С. Модель планирования дополнительного дохода от применения удобрений // Аграрная наука. 2016. № 6. С. 8–11. EDN WIAKBN.

6. Брюханов А. Ю., Васильев Э. В., Шалавина Е. В. Проблемы обеспечения экологической безопасности животноводства и наилучшие доступные методы их решения // Региональная экология. 2017. № 1 (47). С. 37–43. EDN YTFDPN.

7. Богачев А. И., Полухина М. Г. Экологическая безопасность как фактор социально-экономического роста отрасли свиноводства // Агротехника и энергообеспечение. 2015. № 3 (7). С. 32–37. EDN YIUHN.

8. Калмыков В. П. Осветление фильтрата и уплотнение избыточного активного ила стоков свиноводческих комплексов напорной фильтрацией : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Зерноград, 1985. 18 с. EDN TZHCLP.

References

1. Bryukhanov A. Yu., Maksimov D. A., Khukhta Kh., Vasilev E. V., Minin V. B., Subbotin I. A. *Recommendations on organizing and conducting industrial environmental control of manure (dung) processing and management systems: the procedure for the development of technological regulations*, Saint-Petersburg, Severo-Zapadnyi NII mekhanizatsii i elektrifikatsii sel'skogo khozyaistva, 2012, 53 p. EDN QLDALD (in Russ.).

2. Grechishkina Yu. I., Esaulko A. N., Gorbatko L. S., Belovolova A. A., Korostylev S. A., Aysanov T. S. Ecological aspects of fertilizer use in modern agriculture. *Vestnik APK Stavropol'ya*, 2012;3(7):112–115. EDN PCQTUR (in Russ.).

3. Kachanova L. S. Multicriterion model of selecting resource-saving production technologies and organic fertilizer application. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta imeni V. P. Goryachkina*, 2016;3(73):33–40. EDN WAGPJR (in Russ.).

4. Kachanova L. S. Technical and economic criteria for substantiation the efficiency of technological processes of fertilizer production and application. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, 2015;2(18):188–205. EDN UAHACZ (in Russ.).

5. Kachanova L. S. Model planning for additional income from fertilizer application. *Agrarnaya nauka*, 2016;6:8–11. EDN WIAKBN (in Russ.).

6. Bryukhanov A. Yu., Vasilev E. V., Shalavina E. V. Challenges of environmental safety in livestock farming and best available methods to address them. *Regional'naya ekologiya*, 2017;1(47):37–43. EDN YTFDPN (in Russ.).

7. Bogachev A. I., Polukhina M. G. Environmental safety as a factor of social and economic growth pig industry. *Agrotekhnika i energoobespechenie*, 2015;3(7): 32–37. EDN YIUHN (in Russ.).

8. Kalmykov V. P. Clarification of leachate and thickening of excess activated sludge from pig farm effluents by pressure filtration. *Extended abstract of candidate's thesis*. Zernograd, 1985, 18 p. EDN TZHCLP (in Russ.).

© Головки А. Н., Бондаренко А. М., 2024

Статья поступила в редакцию 15.02.2024; одобрена после рецензирования 04.03.2024; принята к публикации 05.03.2024.

The article was submitted 15.02.2024; approved after reviewing 04.03.2024; accepted for publication 05.03.2024.

Сведения об авторах

Головко Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, alexnikgol@rambler.ru;

Бондаренко Анатолий Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой землеустройства и кадастров, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, bondanmih@rambler.ru

Information about the authors

Aleksandr N. Golovko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Cadastre, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the Don State Agrarian University, alexnikgol@rambler.ru;

Anatoliy M. Bondarenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Land Management and Cadastre, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the Don State Agrarian University, bondanmih@rambler.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 637.1.026

EDN MEUADP

DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-74-82

Технология инфракрасной сушки жидких материалов

Андрей Витальевич Медведев

Южно-Уральский государственный аграрный университет

Челябинская область, Челябинск, Россия, vestarvestar@mail.ru

Аннотация. Исследования проводились в области инфракрасной сушки жидких материалов. Изучены существующие проблемы и предложено решение в виде инфракрасной установки. В качестве нагревательного элемента выбран низкотемпературный пленочный электронагреватель, который обладает низкой рабочей температурой, что способствует сохранению полезных веществ в конечном продукте, а также снижению развития патогенной микрофлоры. Обнаружена проблема прилипания и пригорания при сушке жидких материалов. Исследованы несколько типов подложки из разного материала. Проведены исследования по определению потока излучения. Составлены зависимости плотности потока от времени для разного расположения нагревателя. Выявлен наиболее оптимальный материал для подложки. Разработана система автоматического управления сушильной установки. Разработана инфракрасная сушильная установка. Проведены исследования по сушке жидких материалов на предложенной установке. Выполнен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: сушка, жидкие материалы, ИК-излучение, сушильная установка

Для цитирования: Медведев А. В. Технология инфракрасной сушки жидких материалов // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 1. С. 74–82. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-74-82.

Original article

Technology of infrared drying of liquid materials

Andrey V. Medvedev

South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk region, Chelyabinsk, Russian Federation

vestarvestar@mail.ru

Abstract. The research was carried out in the field of infrared drying of liquid materials. The problems in this area have been studied and a solution in the form of an infrared installation has been proposed. A low-temperature film electric heater has been selected as a heating element, which has a low operating temperature, which helps to preserve useful substances in the final product, as well as reduce the development of pathogenic microflora. The problem of adhesion and burning during drying of liquid materials has been discovered. Several types of substrate made of different materials have been studied. Studies have been conducted to determine the radiation flux. The dependences of the flow density on time for different heater locations are compiled. The most optimal material for the substrate has been identified. An automatic control system for the drying plant has been developed. An infrared drying unit has been developed. Studies have been conducted on the drying of liquid materials at the proposed installation. The analysis of the obtained results is carried out.

Keywords: drying, liquid materials, IR radiation, drying plant

For citation: Medvedev A. V. Technology of infrared drying of liquid materials. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*. 2024;18;1:74–82. (in Russ.). doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-74-82.

Введение. На сегодняшний день наша страна столкнулась с большим количеством санкций и различных ограничений. Конечно, это затронуло практически все сферы промышленности и экономики. И агропромышленный сектор не стал исключением. У многих производителей возникают проблемы с поставкой нового зарубежного оборудования, закрываются каналы сбыта продукции, сырье не поступает в нужных объемах, а его стоимость значительно выросла [1].

Снижение зависимости от европейского сырья и технологий является приоритетным направлением развития агропромышленной отрасли. Необходимость создания отечественных технологий, позволяющих получать продукт высокого качества и конкурировать с зарубежными компаниями, особенно актуальна в настоящее время.

Сушка является одним из важных этапов в производстве готовой продукции. В процессе сушки сырье подвергается воздействию высоких температур, что приводит к удалению влаги. Сушка позволяет значительно увеличить срок годности сырья, а также снизить затраты на транспортировку и хранение готовой продукции, что особенно актуально для жидкого сырья [2, 3].

Сушильные установки для жидких сред отличаются от установок для твердых материалов. При сушке жидкого сырья существует проблема прилипания продукта к поверхности нагревателя или рабочей поверхности сушильной установки. Также из-за высокой начальной влажности происходит пригорание сырья в процессе сушки, что негативно сказывается, во-первых, на качестве продукции; во-вторых, предприятия несут большие издержки, теряя до 20 % сырья [4].

На сегодня существует ряд технологий, применяемых при сушке жидких материалов, однако такие установки либо обладают высокой стоимостью, либо не позволяют получить продукт высокого качества.

Сушка, основанная на применении оптических электротехнологий, в том числе инфракрасным излучением, является перспективным направлением в области развития зеленых технологий, так как сочетает в себе снижение термонагрузки, со-

хранение готового продукта при возможности минимизации энергозатрат [5].

Однако данное направление недостаточно развито в молочной промышленности, так как долгое время не существовало специального сушильного оборудования для жидкого сырья с применением ИК-излучения.

Целью исследования явилось создание технологии, позволяющей проводить процесс сушки жидких веществ с применением инфракрасного излучения.

Материалы и методы исследования. При разработке технологии в качестве источника инфракрасного излучения был выбран низкотемпературный пленочный электронагреватель.

В отличие от других источников ИК-излучения он обладает рядом преимуществ. Температура воздействия не превышает 70 °С, что позволяет проводить процесс сушки с сохранением большого количества полезных веществ. Также энергозатраты такого типа нагревателя значительно меньше, что способствует снижению затрат всего процесса сушки. Технические характеристики нагревателя представлены в таблице 1 [6].

При разработке сушильных установок необходимо учесть, каким образом продукт размещается относительно генератора ИК-излучения. В предложенной установке предусмотрен вариант, при котором продукт разливается непосредственно на дно лотка. При данном варианте необходимо учесть проблему прилипания и пригорания продукта в процессе сушки. В работе проведены исследования по применению различных материалов подложки, противодействующих данным явлениям [7].

При выборе материала подложки следует принять во внимание, что он должен отвечать требованиям пищевой безопасности и не изменять своих свойств при термовоздействии, а также нужно определить влияние выбранного материала на величину плотности потока излучения от пленочного электронагревателя.

Анализ научных исследований в области пищевой промышленности показал, что прилипание в процессе термовоздействия отсутствует при использовании таких материалов, как фторопласт и сили-

Таблица 1 – Технические характеристики низкотемпературного пленочного электронагревателя**Table 1 – Technical characteristics of low-temperature film electric heater**

Технические характеристики	Значения
Номинальное напряжение, В	12–220; 380
Удельная мощность, Вт/м ²	до 500
Номинальный ток нагрузки, А/м ²	от 0,5 до 2,3
Диапазон длины волны излучения, мкм	8,5–9,5
Диапазон температуры поверхности, °С	35–70
Долговечность, лет	50
Ширина полотна, м	0,35; 0,51
Размерный ряд по длине, м	от 0,5 до 7
Наличие передающего элемента	алюминиевая фольга

кон, основные характеристики которых представлены в таблице 2 [8].

Предварительный эксперимент сушки кисломолочного продукта «Наринэ» на пленочном электронагревателе, с использованием исследуемых материалов в качестве подложки, показал отсутствие прилипания после обезвоживания.

Измерения параметров плотности потока излучения, исходящего от генератора инфракрасного излучения (низкотемпературного пленочного электронагревателя) через подложки (силикон, фторопласт) производились с использованием датчика абсолютно черного тела.

Принцип действия данного датчика основан на оценке вольтовой интегральной чувствительности материала (S_v), определяемой как соотношение напряжения (U) к полному потоку излучения (Φ).

Промодулированный поток падает на чувствительную площадку

ИК-приемника, вызывая на нагрузочном сопротивлении переменное напряжение с амплитудой U_c .

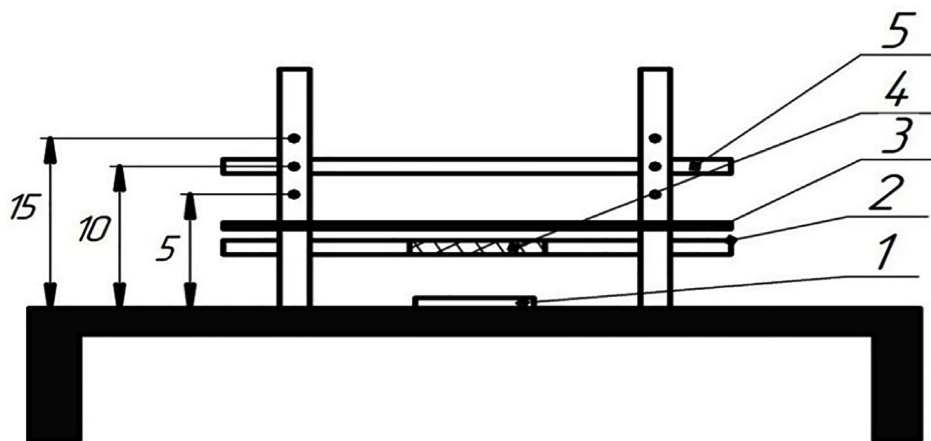
Переменный сигнал при необходимости или в случае низкотемпературных излучателей подают на узкополосный усилитель, который на выходе имеет амплитудный детектор. Амплитудное значение сигнала подается на милливольтметр и регистрируется с его помощью [9].

Для изучения материалов подложки была подготовлена лабораторная экспериментальная установка, представленная на рисунке 1.

На планке 5 экспериментальной установки был помещен низкотемпературный пленочный электронагреватель с удельной мощностью 360 Вт/м². В процессе экспериментов высота подвеса планки 5 изменялась (0 и 50 мм). Данные значения были взяты, чтобы проанализировать изменения потока при условии отсутствия

Таблица 2 – Характеристики материалов подложки**Table 2 – Characteristics of substrate materials**

Наименование характеристики	Материал подложки	
	силикон	фторопласт
Теплоемкость, Дж/кг·С	2,04–2,15	1,04
Теплопроводность, Вт/м·С	0,16	0,25
Интервал рабочих температур, °С	от минус 60 до 250	от минус 270 до 260
Плотность, г/см ³	1,05–1,60	2,12–2,20
Размер, мм	10×500×500	10×500×500
Цена, руб./кг	1 500	900



1 – датчик АЧТ; 2 – изоляционный материал; 3 – исследуемый материал;
4 – окно в изоляционном материале; 5 – планка для установки электронагревателя
1 – absolutely black body sensor; 2 – insulating material; 3 – material under study;
4 – window in insulating material; 5 – strip for installing an electric heater

Рисунок 1 – Лабораторная экспериментальная установка

Figure 1 – Laboratory experimental installation

расстояния между исследуемым материалом и поверхностью нагревателя, а также при условии, когда между ними есть расстояние. На каждой установленной высоте планки измерения плотности потока излучения проводились в три этапа:

1) без установки исследуемого материала 3 (то есть регистрировалась плотность потока излучения, проходящего через окно изоляционного материала 4, непосредственно от излучателя) (эталонный);

2) с установкой материала подложки – силикон;

3) с установкой материала подложки – фторопласт.

По результатам экспериментов построены сравнительные зависимости плотности потока излучения от времени:

1) с низкотемпературным пленочным электронагревателем, расположенным непосредственно на исследуемом материале подложки (высота подвеса планки равна нулю) (рис. 2);

2) с низкотемпературным пленочным электронагревателем, расположенным на расстоянии от исследуемого материала подложки (высота подвеса планки равна 50 мм) (рис. 3).

Исходя из проведенного анализа зависимостей (рис. 2 и 3), видно, что из двух исследуемых материалов подложки наи-

более эффективным является фторопласт. Подложка из фторопласта, размещенная непосредственно на излучателе с разлитым на него равномерным слоем жидкого биологически активного материала, будет способствовать: 1) интенсивному выходу влаги из материала, так как потери плотности потока излучения не превышают 5 %; 2) отсутствию прилипанию материала ко дну лотка в процессе его обезвоживания, что снизит трудоемкость процесса; 3) выходу конечного сухого продукта высокого качества, так как процесс сушки проходит в режиме щадящих температур.

Также в данной технологии используется принцип согласования спектральных характеристик исследуемого продукта и оптических свойств излучателя. Такое согласование позволяет подобрать температурный режим под каждый продукт, и тем самым обеспечить проведение процесса сушки при оптимальной температуре, что позволяет сохранять наибольшее количество полезных веществ в сухом продукте и не дает возможность развиваться патогенной микрофлоре.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате полученных теоретических и практических знаний о сушке жидких материалов нами разработана сушильная установка лоточного типа с применением низкотемпературных пленочных электронагревателей, которая ос-

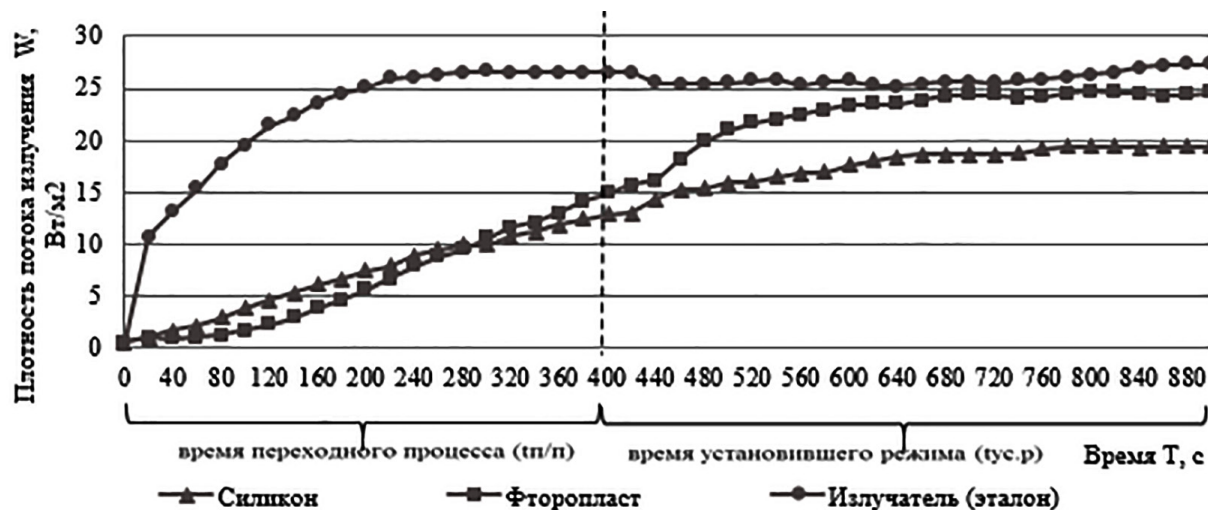


Рисунок 2 – Зависимость плотности потока излучения от времени (низкотемпературный пленочный электронагреватель расположен непосредственно на материале подложки (высота планки – 0 мм))

Figure 2 – Dependence of the radiation flux density on time (low-temperature film electric heater is located directly on the substrate material (bar height 0 mm))

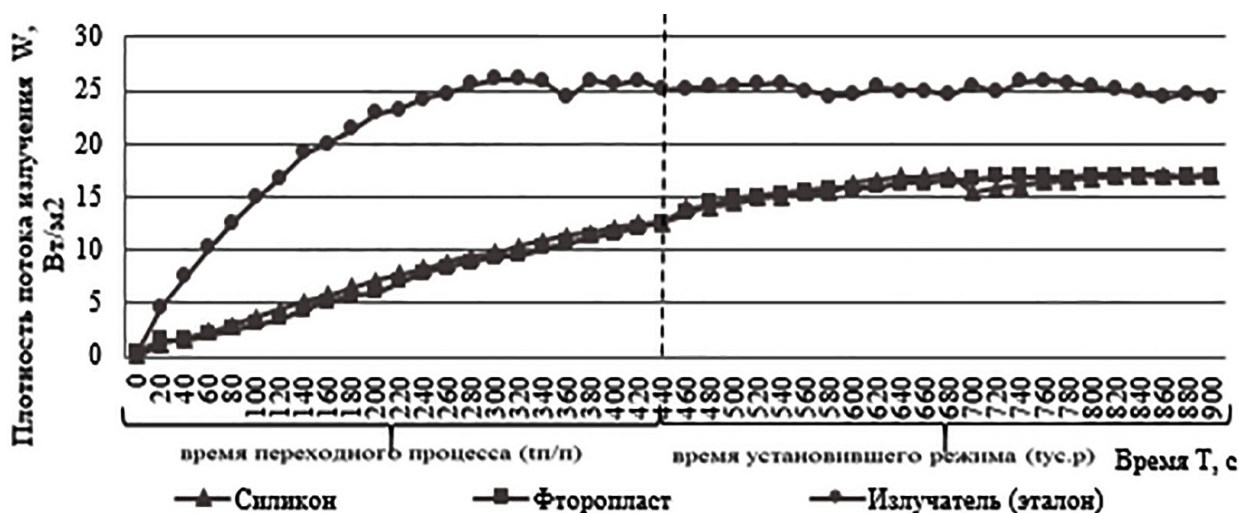


Рисунок 3 – Зависимость плотности потока излучения от времени (низкотемпературный пленочный электронагреватель расположен на расстоянии от материала подложки (высота планки – 50 мм))

Figure 3 – Dependence of the radiation flux density on time (low-temperature film electric heater is located at a distance from the substrate material (bar height 50 mm))

нащена системой автоматического управления температурой процесса [10]. Данная установка состоит из 11 ярусов, на каждом из которых располагаются по два рабочих лотка для продукта (рис. 4).

Лотки закреплены на направляющих, что позволяет снимать их для загрузки и выгрузки при сушке сырья. Пленоч-

ные электронагреватели располагаются сверху и снизу каждого яруса, что позволяет проводить процесс сушки равномерно и сократить энергозатраты.

Каждый лоток оснащен подложкой из фторопласта, что дало возможность избежать проблемы пригорания и прили-



Рисунок 4 – Разработанная сушильная установка для сушки жидких материалов
Figure 4 – Developed drying plant for drying liquid materials

пания, а также повысить объем готового продукта практически на 20%.

Установка оборудована системой автоматического управления, состоящей из двух щитов управления и датчиков температуры (рис. 4).

В ходе проведения испытаний выполнен эксперимент по сушке молочной закваски. Получены значения начальной

и конечной влажности, которые составляют 97,45 и 6,12 % соответственно, а также установлено время сушки равное 2 024 минут. Также определено значение температуры, необходимой для сохранения наибольшего количества полезных веществ (рис. 5).

На рисунке 5 выделен рабочий диапазон нагревателя, который составля-

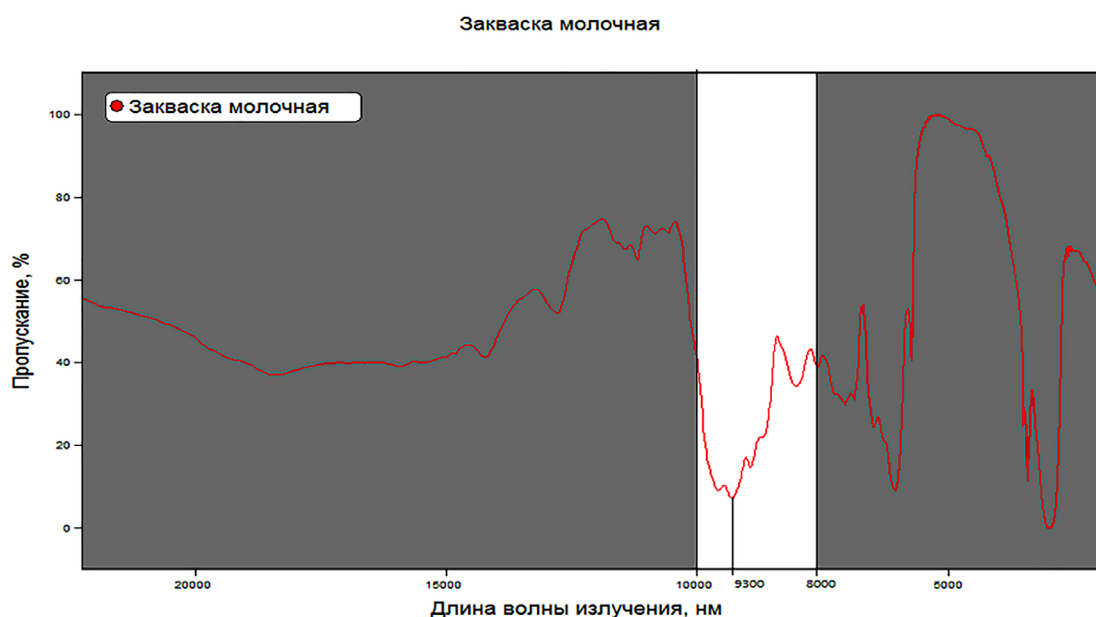


Рисунок 5 – Спектральная характеристика исследуемого продукта
Figure 5 – Spectral characteristics of product under study

ет 8 000–10 000 нм. Исходя из графика спектральной характеристики молочной закваски, оптимальная температура оказалась равной 38,25 °С.

Полученный продукт в ходе эксперимента отправлен для анализа в центр гигиены и эпидемиологии Челябинской области. Были получены результаты лабораторных испытаний, которые представлены в таблице 3.

Из полученных данных следует, что в образце жидкой молочной закваски показатели содержания молочнокислых микроорганизмов соответствуют заявленным показателям на упаковке производителя (согласно техническим условиям), а содержание

бифидобактерий превышает данный показатель.

В образце сухой молочной закваски показатели содержания молочнокислых микроорганизмов и бифидобактерий идентичны в сравнении с показателями исходного материала жидкой молочной закваски.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования позволили разработать технологию инфракрасной сушки для жидкого сырья, которая способна проводить процесс сушки при низких температурах, что положительно сказывается на качестве конечного продукта. При этом данная технология обладает низкими энергозатратами.

Таблица 3 – Результаты исследований в лаборатории

Table 3 – Laboratory results

Определяемые показатели	Результаты испытаний	Величина допустимого уровня	Нормативные документы на методы испытаний
<i>S. aureus</i>	не обнаружено в 1,0 см ³	не допускается в 1,0 см ³	ГОСТ 30347–2016
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы)	не обнаружено в 1,0 см ³	не допускается в 0,1 см ³	ГОСТ 32901–2014 (пп. 1–4, 6, 7, 8.5, приложения А, Б)
Бифидумбактерии, КОЕ/см ³	более 1,1×10 ⁶	не менее 1×10 ⁶	ГОСТ 33491–2015
Дрожжи, КОЕ/г	менее 1,0×10	не более 50	ГОСТ 33566–2015
Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/см ³	более 1,1×10 ⁸	не менее 1×10 ⁸	ГОСТ 10444.11–2013
Патогенные микроорганизмы, включая сальмонеллы	не обнаружено в 25 см ³	не допускается в 25 см ³	ГОСТ 32010–2013; ГОСТ ISO 6785–2015
Плесени, КОЕ/г	менее 1,0×10	не более 50	ГОСТ 33566–2015

Список источников

1. Попов В. М., Афонькина В. А., Левинский В. Н., Медведев А. В. Краткий аналитический обзор проблем и перспектив развития отечественного рынка молочных заквасок // Актуальные вопросы агроинженерных наук в сфере технического сервиса машин и энергетики: теория и практика : материалы нац. (всерос.) науч. конф. Челябинск : Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2022. С. 238–244. EDN CYKZVB.

2. El-Sayed H. S., Salama H. H., Edris A. E. Survival of *Lactobacillus helveticus* CNRZ32 in spray dried functional yogurt powder during processing and storage // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2020. Vol. 19. No. 7. P. 461–467. doi: 10.1016/j.jssas.2020.08.003. EDN MKTMNQ.

3. Popov V. M., Epishkov E. N., Afonkina V. A., Krivosheeva E. I., Levinsky V. N. Theoretical justification of film electric heater parameters as a source of infrared radiation in the technology of drying green crops // Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture : IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Smolensk : IOP Publishing Ltd., 2021. P. 032038. doi: 10.1088/1755-1315/723/3/032038. EDN KOXCIT.

4. Popov V., Afonkina V., Levinsky V., Zudin E., Krivosheeva E. Designing the infrared drying machines of cylindrical type with an active reflector // 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry INTERAGROMASH 2019 : IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Rostov-on-Don : Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012008. doi: 10.1088/1755-1315/403/1/012008. EDN UWFNTR.

5. Попов В. М., Афонькина В. А., Попова А. В. Особенности использования гибких пленочных электронагревателей в технологии сушки молочных заквасок // Актуальные вопросы агроинженерных и сельскохозяйственных наук: теория и практика : материалы нац. науч. конф. Челябинск : Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2019. С. 103–109. EDN SYGWZV.

6. Левинский В. Н. Обоснование технологии и параметров установки инфракрасной сушки высоковлажного биологического сырья на примере томата : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2021. 24 с. EDN RJVUWL.

7. Popov V. M., Afonkina V. A., Levinsky V. N., Medvedev A. V. Research of substrate materials for drying liquid materials // Digital Technologies in Agriculture of the Russian Federation and the World Community. Stavropol : AIP Publishing, 2022. P. 060008. doi: 10.1063/5.0107701. EDN FDSVLP.

8. Abdizhapparova B., Potapov V., Khanzharov N. Determination of heat transfer mechanisms during vacuum drying of solid-moist and liquid-viscous materials // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2022. Vol. 6. No. 11 (120). P. 6–15. doi: 10.15587/1729-4061.2022.268241. EDN TZJAOQ.

9. Popov V. M., Afonkina V. A., Levinsky V. N., Medvedev A. V. Study of the process of infrared drying of lactic starter cultures // Ensuring the technological sovereignty of the agro-industrial complex: approaches, problems, solutions (ETSAIC2023) : E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference. Yekaterinburg : EDP Sciences, 2023. P. 01004. doi: 10.1051/e3sconf/202339501004. EDN QENXPC.

10. Афонькина В. А., Попов В. М., Левинский В. Н., Медведев А. В. Техничко-экономическая оценка внедрения установки лоткового типа для сушки молочных заквасок // Техника и технологии в животноводстве. 2023. № 3 (51). С. 92–97. doi: 10.22314/27132064-2023-3-92. EDN IULBIX.

References

1. Popov V. M., Afonkina V. A., Levinsky V. N., Medvedev A. V. A brief analytical review of the problems and prospects of development of the domestic market of dairy starters. Proceedings from Actual issues of agro-engineering sciences in the sphere of technical service of machines and power engineering: theory and practice: *Natsional'naya (vserossiiskaya) nauchnaya konferentsiya – National (All-Russian) Scientific Conference*. (PP. 238–244), Chelyabinsk, Yuzhno-Ural'skiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2022. EDN CYKZVB (in Russ.).

2. El-Sayed H. S., Salama H. H., Edris A. E. Survival of *Lactobacillus helveticus* CNRZ32 in spray dried functional yogurt powder during processing and storage. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2020;19;7:461–467. doi: 10.1016/j.jssas.2020.08.003. EDN MKTMNQ.

3. Popov V. M., Epishkov E. N., Afonkina V. A., Krivosheeva E. I., Levinsky V. N. Theoretical justification of film electric heater parameters as a source of infrared radiation in the technology of drying green crops. Proceedings from Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. (PP. 032038), Smolensk, IOP Publishing Ltd., 2021. doi: 10.1088/1755-1315/723/3/032038. EDN KOXCIT.

4. Popov V., Afonkina V., Levinsky V., Zudin E., Krivosheeva E. Designing the infrared drying machines of cylindrical type with an active reflector. Proceedings from 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry INTERAGROMASH 2019: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. (PP. 012008), Rostov-on-Don, Institute of Physics Publishing, 2019. doi: 10.1088/1755-1315/403/1/012008. EDN UWFNTR.

5. Popov V. M., Afonkina V. A., Popova A. V. Peculiarities of using flexible film electric heaters in the technology of drying milk starter. Proceedings from Current issues of agroengineering and agricultural sciences: theory and practice: *Natsional'naya nauchnaya konferentsiya – National Scientific Conference*. (PP. 103–109), Chelyabinsk, Yuzhno-Ural'skiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2019. EDN SYGWZV (in Russ.).

6. Levinsky V. N. Justification of technology and parameters of infrared drying of high-moisture biological raw materials on the example of tomato. *Extended abstract of candidate's thesis*. Chelyabinsk, 2021, 24 p. EDN RJVUWL (in Russ.).

7. Popov V. M., Afonkina V. A., Levinsky V. N., Medvedev A. V. Research of substrate materials for drying liquid materials. Proceedings from Digital Technologies in Agriculture of the Russian Federation and the World Community. (PP. 060008), Stavropol, AIP Publishing, 2022. doi: 10.1063/5.0107701. EDN FDSVLP.

8. Abdizhapparova B., Potapov V., Khanzharov N. Determination of heat transfer mechanisms during vacuum drying of solid-moist and liquid-viscous materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022;6;11(120):6–15. doi: 10.15587/1729-4061.2022.268241. EDN TZJAOQ.

9. Popov V. M., Afonkina V. A., Levinsky V. N., Medvedev A. V. Study of the process of infrared drying of lactic starter cultures. Proceedings from Ensuring the technological sovereignty of the agro-industrial complex: approaches, problems, solutions (ETSAIC2023): E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference. (PP. 01004), Yekaterinburg, EDP Sciences, 2023. doi: 10.1051/e3sconf/202339501004. EDN QENXPC.

10. Afonkina V. A., Popov V. M., Levinsky V. N., Medvedev A. V. Technical and economical assessment of the tray type installation implementation for dairy starter cultures' drying. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve*, 2023;3(51):92–97. doi: 10.22314/27132064-2023-3-92. EDN IULBIX (in Russ.).

© Медведев А. В., 2024

Статья поступила в редакцию 19.02.2024; одобрена после рецензирования 11.03.2024; принята к публикации 12.03.2024.

The article was submitted 19.02.2024; approved after reviewing 11.03.2024; accepted for publication 12.03.2024.

Информация об авторе

Медведев Андрей Витальевич, ассистент кафедры энергообеспечения и автоматизации технологических процессов, Южно-Уральский государственный аграрный университет, vestarvestar@mail.ru

Information about the authors

Andrey V. Medvedev, Assistant of the Department of Energy Supply and Automation of Technological Processes, South Ural State Agrarian University, vestarvestar@mail.ru

Научная статья

УДК 631.372:629.114.2

EDN LSNVWF

DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-83-90

Ограничения применения колесных тракторов в технологиях растениеводства по уплотняющему воздействию (в условиях Приамурья)

Александр Николаевич Панасюк¹, Виктор Владимирович Епифанцев²,
Дмитрий Анатольевич Дегтярев³

^{1,2,3} Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ alex28rus@list.ru, ² viktor.iepifatsiev.59@mail.ru, ³ agroamur@list.ru

Аннотация. Для природных условий Амурской области характерно сезонное замерзание и оттаивание почвы. Зимой она промерзает на глубину до 2,5 м, а к середине июня, в июле – полностью оттаивает. Полевые работы по подготовке почвы и посеву ранних зерновых культур начинаются в сроки, когда почва оттаивает всего на 0,08–0,10 м. На ранних весенних полевых работах можно использовать трактор с большими значениями нормальных давлений на почву (без ограничения эксплуатационной массы). От деградации почву спасает мерзлый подстилающий слой. По мере оттаивания почвы следует придерживаться установленных норм механического воздействия с учетом физико-механических особенностей почвы. Цель исследований – снижение уплотнения почвы от механического воздействия колесных движителей тракторов. Задача исследований – обосновать пределы применения колесных тракторов на полевых работах по допустимому уровню уплотняющего воздействия. Применялись теоретические и эмпирические методы с использованием статистической обработки экспериментальных данных. Исследовано изменение плотности почвы и показателя уплотняющего воздействия в зависимости от нормальной нагрузки, передаваемой движителями колесных тракторов. Приведены значения распределения эксплуатационной массы по осям, максимальных нагрузок и величины показателя уплотняющего воздействия ходовых систем отечественных и импортных колесных тракторов, применяемых в технологиях растениеводства Амурской области. Установлены пределы изменения плотности почвы в зависимости от нормальной нагрузки под колесным движителем. Определена зависимость показателя уплотняющего воздействия от эксплуатационной массы трактора, нагрузки на ось, колесной формулы и числа проходов агрегатов по следу. Приведены рекомендации по применению колесных тракторов на полевых работах в зависимости от времени их выполнения.

Ключевые слова: деградация почвы, уплотняющее воздействие, ходовая система, распределение массы, максимальное давление, плотность почвы, число проходов, технология

Для цитирования: Панасюк А. Н., Епифанцев В. В., Дегтярев Д. А. Ограничения применения колесных тракторов в технологиях растениеводства по уплотняющему воздействию (в условиях Приамурья) // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 1. С. 83–90. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-83-90.

Original article

Limitations of wheeled tractor applying in soil compaction technology in crop production under conditions of Priamurye

Alexander N. Panasyuk¹, Viktor V. Epifantsev², Dmitry A. Degtyarev³

^{1,2,3} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ alex28rus@list.ru, ² viktor.iepifatsiev.59@mail.ru, ³ agroamur@list.ru

Abstract. The natural conditions of the Amur region are characterized by seasonal soil freezing and thawing. In winter, it freezes to a depth of 2.5 m. In July, it completely thaws. Field work on soil preparation and sowing of early grain crops begins at a time when the soil thaws by only 0.08–0.10 m. In early spring field work, a tractor with high values of normal soil pressures can be used (without limiting the operating weight). The frozen under layer saves the soil from degradation. As the soil thaws, it is necessary to adhere to the established norms of mechanical action on soil, taking into account its physical and mechanical characteristics. The purpose of research is to reduce soil compaction from mechanical effects of tractor wheel thrusters. The objective of research is to substantiate the limits of wheeled tractor use in field work according to the permissible level of sealing effect. Theoretical and empirical methods are applied using statistical processing of experimental data. The change in soil density and compaction effect index are studied depending on the normal load transmitted by wheeled tractor movers. The values of distribution of operating weight along axes, maximum loads and value of compaction effect index of running systems of domestic and imported wheeled tractors used in crop production technologies of the Amur region are given. The limits of change in soil density depending on normal load under the wheel drive are given. The dependence of compaction effect index on the operating weight of tractor, axle load, wheel formula and number of unit passes along the track is established. Recommendations on the use of wheeled tractors in field work, depending on the time of their execution are given.

Keywords: soil degradation, sealing effect, running system, mass distribution, maximum pressure, soil density, pass number, technology

For citation: Panasyuk A. N., Epifantsev V. V., Degtyarev D. A. Limitations of wheeled tractor applying in soil compaction technology in crop production under conditions of Priamurye. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2024;18;1:83–90. (in Russ.). doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-83-90.

Введение. Для природных условий Амурской области характерно сезонное замерзание и оттаивание почвы. Зимой она промерзает на глубину до 2,5 м; к середине июня, в июле – полностью оттаивает. Полевые работы по подготовке почвы и посеву ранних зерновых культур начинаются в сроки, когда почва оттаивает всего на 0,08–0,10 м. Вследствие того, что ниже находятся замерзшие почва и подстилающий глинистый горизонт, деформация почвы идет по закономерностям теории пластичности при сжатии тонкого слоя на жестком основании. На ранних весенних полевых работах можно использовать трактор с большими значениями нормальных давлений на почву (без ограничения эксплуатационной массы). От деградации почву спасает мерзлый подстилающий слой [1].

По мере оттаивания почвы следует придерживаться установленных норм механического воздействия с учетом физико-механических особенностей средне- и тяжелосуглинистых лугово-черноземовидных и лугово-глеевых почв, занимающих 78,8 % пашни в Амурской области.

Цель исследований – снижение уплотнения почвы от механического воздействия колесных движителей трак-

торов. При этом необходимо обосновать пределы применения колесных тракторов на полевых работах по допустимому уровню уплотняющего воздействия. Объект исследований – уплотнение почвы колесными движителями тракторов в технологиях растениеводства.

Материалы и методы исследований. Применялись общепринятые теоретические и эмпирические методы с использованием статистической обработки экспериментальных данных.

Для оценки уплотняющего воздействия использованы положения государственного стандарта ГОСТ Р 58656–2019 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву».

Исследования проводили на типичной для Амурской области луговой черноземовидной среднесуглинистой среднемогучей почве. Тип и механический состав почвы; рельеф; микрорельеф; влажность и твердость почвы определялись согласно требованиям ГОСТ 20915–2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний».

Для сравнительного анализа приняты максимальные нормы давления на почву: весенний период – 120–150 кПа;

Таблица 1 – Пределы изменения плотности почвы в зависимости от нормальной нагрузки под колесным двигателем [2]

Table 1 – Limits for changes in soil density depending on normal load under a wheel drive [2]

Нормальная нагрузка (q), кПа	115–130	135–150	150–200	145–250
Значения плотности (ρ), г/см ³	1,15–1,20	1,18–1,28	1,20–1,31	1,24–1,35
Примечание: исходная плотность почвы равна 1,00–1,12 г/см ³ .				

летне-осенний период – 140–180 кПа (при влажности почвы 0,7–0,5 НВ) [1], а также пределы изменения плотности почвы в зависимости от давления двигателей колесных тракторов (табл. 1).

Основу принятых технологий в растениеводстве составляют многократные проходы агрегатов по подготовке почвы (с обработкой ее на глубину 0,18–0,20 м), посеву и уходу за растениями, что приводит к переуплотнению верхнего слоя почвы [3, 4].

По различным оценкам, для средне- и тяжелосуглинистых лугово-черноземовидных и лугово-глебовых оструктуренных почв экологические пороги уплотнения для зерновых культур составляют в пределах 1,00–1,24 г/см³; для сои они варьируют от 1,09 до 1,25 г/см³. При увеличении плотности почвы под воздействием двигателей машин более 1,3 г/см³, можно говорить о так называемой ее техногенной деградации, когда рост и развитие культурных растений прекращаются.

Техногенное механическое воздействие на почву зависит от величины нормального давления на почву двигателями полевых машин и агрегатов [5, 6]. На величину максимальных нормальных нагрузок и, соответственно, на величину уплотняющего воздействия влияет распределение массы по осям трактора [7–10].

А. Н. Ордой и М. И. Ляско на примере трактора с колесной формулой 4К4 было установлено, что уплотняющее воздействие можно снизить на 15 % только за счет перераспределения массы по осям до величины $m = 1$. При нормальной компоновке такого эффекта можно достигнуть только при снижении эксплуатационной массы трактора на 20 %.

Для современных тракторов распределения эксплуатационной массы по осям в пределах $m = 0,9–1,1$ можно достигнуть

за счет их работы с номинальной крюковой нагрузкой. Вертикальная составляющая в состоянии разгрузить переднюю ось трактора до 50–60 %.

Результаты исследований и их обсуждение. Тракторы последней отечественной системы машин имели следующие коэффициенты распределения масс по осям:

1) для тракторов с колесной формулой 4к2 и 4к4 традиционной компоновки $m = 0,43$ (на переднюю ось приходилось 30 % массы на заднюю – 70 %);

2) для тракторов с колесной формулой 4к4б с равными колесами на обоих мостах (Т150К, К-700, К-701): $m = 1,85$ (на переднюю ось приходилось 65 % массы и на заднюю 35 %).

Если для первого семейства тракторов с разными размерами передних и задних колес это было оправдано по условиям развиваемой силы тяги по сцеплению, то для тракторов с равными колесами принятое распределение масс по осям оказывало существенное влияние на величину максимальных нормальных давлений и на величину уплотняющего воздействия.

Анализ применяемых в Амурской области современных энергонасыщенных тракторов позволил установить, что распределение нагрузки по осям близко к оптимальному [1], что привело к существенному улучшению тягово-сцепных свойств двигателей тракторов и снижению суммарного уплотняющего воздействия трактора на почву.

Нами установлено, что распределение эксплуатационной массы по осям (m):

1) у отечественных тракторов семейства «Кировец» и тракторов семейства «BV» (производства Ростсельмаш) равно 1,2 (на переднюю ось приходится 55 % массы, на заднюю – 45 %);

2) у тракторов семейства «NH», работающих с навесными и полунавесными машинами, составляет 1,5; работающих с прицепными машинами, равно 1,2;

3) у тракторов марки «Caise» серии IH с шарнирной рамой соответствует 1,5; при этом соотношение уплотняющего воздействия на почву под передней и задней осями трактора находится в пределах от 1,01 до 1,12.

В отличие от тракторов с колесной формулой 4к4б, тракторы семейства «Беларус» с цельной рамой имеют распределение массы по осям от 0,43 (распределение массы на переднюю и заднюю ось соответственно 30 и 70 %) до 0,67 (распределение массы на переднюю и заднюю ось 40 и 60 % соответственно). Тракторы марки «Caise» с колесной формулой 4к4а с цельной рамой имеют распределение массы по осям 0,67 (соотношение распре-

деления массы на переднюю и заднюю ось 40 и 60 % соответственно).

Таким образом, различие величины уплотняющего воздействия передних и задних колес доходит до 1,4 раза (табл. 2).

На формирование урожая и уплотнение почвы значительное влияние оказывает число проходов агрегатов по полю в принятых технологиях [11–13].

Для подтверждения этой гипотезы был заложен опыт. На сплошном посеве сои агрегатом МТЗ-1025.2 + СЗ-5,4А (контроль) исследовалось уплотняющее воздействие движителей тракторов 2, 3, и 5 класса тяги при двух и четырех проходах по следу.

Результаты изменения плотности почвы фиксировались в слое 0–20 см. Посев сои проводился при оттаивании почвы на глубину 0,2 м и более. Исходная плот-

Таблица 2 – Распределение массы и максимальное расчетное давление на почву по осям тракторов, эксплуатируемых в Амурской области

Table 2 – Mass distribution and maximum design pressure on soil along axes of tractors moved in Amur region

Марка трактора	Тяговый класс	Колесная формула	Нагрузка по осям, т	Максимальное нормальное давление (q_{max}), кПа	Коэффициент уплотнения (k_p)	Распределение массы по осям (m)
Беларус 80.1	1,4	4к2	$\frac{1,10}{2,59}$	$\frac{188,1}{200,3}$	1,41	$\frac{30}{70}$
Беларус 1025.2	2,0	4к4	$\frac{1,82}{3,38}$	$\frac{175,3}{168,3}$	1,38	$\frac{35}{65}$
Беларус 1523	3,0	4к4	$\frac{2,06}{3,82}$	$\frac{158,4}{188,1}$	1,31	$\frac{35}{65}$
NH T7.060	3,0	4к4	$\frac{3,25}{4,88}$	$\frac{139,4}{183,8}$	1,31	$\frac{40}{60}$
Беларус 3022	5,0	4к4а	$\frac{3,81}{7,07}$	$\frac{209,1}{147,7}$	1,35	$\frac{35}{65}$
К-744Р4	6,0	4к4б	$\frac{9,62}{7,88}$	$\frac{114,5}{111,3}$	1,29	$\frac{55}{45}$
BV 2425	6,0	4к4б	$\frac{8,84}{7,16}$	$\frac{156,6}{139,9}$	1,36	$\frac{55}{45}$
Caise IH450	6,0	4к4б	$\frac{11,93}{10,47}$	$\frac{155,4}{153,2}$	1,38	$\frac{55}{45}$
NH.T9 505	6,0	4к4б	$\frac{13,43}{8,97}$	$\frac{165,2}{155,1}$	1,38	$\frac{60}{40}$
NH.T9 040	6,0	4к4б	$\frac{14,10}{9,31}$	$\frac{167,9}{162,4}$	1,41	$\frac{60}{40}$

Примечание: данные в числителе – передняя ось; данные в знаменателе – задняя ось.

ность (вне следа) в опыте колебалась от 1,07 до 1,08 г/см³.

После двух проходов тракторов изменение плотности в следе ($\rho_{\text{следа}}$) составило (в граммах на сантиметр кубический):

Беларус 1025.2 – 1,16;

Беларус 1523 – 1,25;

Т-150К – 1,27;

К-701 – 1,31.

После четырех проходов величина изменения плотности в следе ($\rho_{\text{следа}}$) составила соответственно (в граммах на сантиметр кубический):

Беларус 1025.2 – 1,27;

Беларус 1523 – 1,27;

Т-150К – 1,27;

К-701 – 1,37.

От количества проходов зависит и величина показателя уплотняющего воздействия на почву (U). При этом для тракторов МТЗ-1025.2 и МТЗ-1523 при двух проходах данная величина несколько разнилась (129 и 138 кН/м соответственно); а после четырех проходов она составила 145–146 кН/м.

Для тракторов с более высоким значением эксплуатационной массы разница была существенной: для трактора Т-150К (8,26 тонны) при двух проходах значение уплотняющего воздействия на почву оказалось равным 145 кН/м, после четырех проходов – 250 кН/м (прирост составил 72 %).

Для трактора К-701 (13,5 тонны) величина уплотняющего воздействия после двух и четырех проходов составила соответственно 240 и 335 кН/м (увеличение в 1,4 раза).

В связи с почвенно-климатическими особенностями в период осенних полевых

работ почвы переувлажняются и с запасами влаги, характерными для избыточного увлажнения, уходят в зиму. За счет сильных морозов и продолжительной зимы (безморозный период для центральной и южной зон Амурской области колеблется от 110–113 до 121–130 дней в году) происходит естественное разуплотнение почвы (механическое разрушение почвенного горизонта вследствие замерзания почвенной влаги [14]). Поэтому на осенних полевых работах возможно применение энергонасыщенных тракторов и зерноуборочных комбайнов с большими значениями нормального давления и уплотняющего воздействия на почву [15].

Ограничением в данном случае выступает несущая способность почвы и агротехническая проходимость трактора и зерноуборочного комбайна. Экологический порог нормального давления не должен превышать 250–300 кПа [2].

Заключение. 1. Применяемые в растениеводстве Амурской области современные тракторы превышают допустимые нагрузки на почву, установленные ГОСТ Р 58656–2019 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву».

2. В связи с почвенно-климатическими особенностями Амурской области на ранних весенних полевых работах возможно применение тракторов с максимальной эксплуатационной массой (в пределах 20–22 тонны).

3. На осенних полевых работах экологический порог нормального давления допускается увеличить до 250–300 кПа, при этом прирост сопротивления почвы обработке в следе движителя приближается к своему предельному значению.

Список источников

1. Панасюк А. Н., Елифанцев В. В. Выбор эталонного агрегата для оценки техногенного механического воздействия на почву в технологиях растениеводства // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2023. С. 174–181. EDN NYHTCS.

2. Панасюк А. Н., Липкань А. В. Расчет экологических порогов нормального давления колесных движителей машин на полевых работах на глинистых почвах // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 4. С. 43–48. doi: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-43-48.

3. Красновская Н. А. Влияние различных способов обработки на плотность почвы // Научное обеспечение агропромышленного производства : материалы междунар. науч.-практ. конф. Курск : Курская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. С. 178–179. EDN UXJNDV.
4. Гуреев И. И. Экологические последствия применения комплексов машин для механизации обработки почвы // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 8. С. 77–79. EDN UMKOSP.
5. Сергеев А. Г. Экологическая проблема – уплотнение почвы // Техногенная и природная безопасность : материалы IV всерос. науч.-практ. конф. Саратов : Амирит, 2017. С. 338–340. EDN YNSTUF.
6. Гуреев И. И., Климов Н. С. Обоснование критерия регионального нормирования механической нагрузки на почву при комплексной механизации агротехнологий // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 35–80. EDN YPCKWV.
7. Chervet A., Sturny W. G., Gut S. Charge maximale admissible a la roue – une variable caracteristique utile pour la pratique // Recherche Agronomique Suisse. 2016. No. 7–8. P. 330–337.
8. Tukhtabaiev M., Xidirov U. X., Hamraqulov T. T. Research results on prevention of tires anthropogenic impact on the soil // IJARSET. 2021. Vol. 8. No. 4.
9. Шило И. Н., Орда А. Н., Романюк Н. Н., Нукешев С. О., Кушнир В. Влияние количества осей ходовой системы мобильной сельскохозяйственной техники на глубину следа // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 4. С. 37–41. EDN VUDQXV.
10. Ахметов А. А., Ахмедов Ш. А. Давление переднего колеса на почву тракторов с различной колесной формулой // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13. № 1. С. 27–33. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-13-1-27-33>.
11. Слюсаренко В. В., Русинов А. В., Федюнина Т. В. Влияние движителей машинно-тракторных агрегатов на урожай сельскохозяйственных культур // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 3 (45). С. 120–122. <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.45.127>.
12. Нормирзаев А. Р. Уплотняющее воздействие движителей тракторов на почву при обработке почвы и возделывании сельскохозяйственных культур // Точная наука. 2021. № 114. С. 15–19. EDN XBHMFB.
13. Халлыев А., Халлыев А., Кулиев А. Влияние современных тракторов на урожайность и уплотнение почвы // Интернаука. 2022. № 17–4 (240). С. 43–44. EDN SAPPLO.
14. Савельев Ю. А., Шишкин П. А. Влияние процесса промораживания почвы на ее разуплотнение и продуктивную способность // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2009. № 2. С. 167–172. EDN KZZRUR.
15. Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Кривуца З. Ф., Панова Е. В., Поликутина Е. С., Митрохина О. П., Качко С. Ю. Снижение техногенного воздействия на почву колесных комбайнов // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 1 (49). С. 87–94. EDN VFOXEB.

References

1. Panasyuk A. N., Epifantsev V. V. The choice of a reference unit for assessing technogenic mechanical effects on soil in crop production technologies. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya – All-Russian Scientific and Practical Conference*. (PP. 174–181), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2023. EDN NYHTCS (in Russ.).
2. Panasyuk A. N., Lipkan A. V. Calculation of ecological thresholds of normal pressure of wheel movers of machines in field work on clay soils. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii*, 2020;14;4:43–48. doi: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-43-48 (in Russ.).

3. Krasnovskaya N. A. The influence of various methods of processing on soil density. Proceedings from Scientific support of agro-industrial production: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya – International Scientific and Practical Conference*. (PP. 178–179), Kursk, Kurskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2010. EDN UXJNDV (in Russ.).
4. Gureev I. I. Ecological consequences of the use of complexes of machines for mechanization of tillage. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2015;29;8:77–79. EDN UMKOSP (in Russ.).
5. Sergeev A. G. Environmental problem – soil compaction. Proceedings from Technogenic and natural safety: *IV Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya – IV All-Russian Scientific and Practical Conference*. (PP. 338–340), Saratov, Amirit, 2017, EDN YNSTUF (in Russ.).
6. Gureev I. I., Klimov N. S. Substantiation of the criterion of regional rationing of mechanical load on the soil during complex mechanization of agrotechnologies. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaystvennoi akademii*, 2017;2:35–80. EDN YPCKWV (in Russ.).
7. Chervet A., Sturny W. G., Gut S. Charge maximale admissible a la roue – une variable caracteristique utile pour la pratique. *Recherche Agronomique Suisse*, 2016;7–8:330–337.
8. Tukhtabaiev M., Xidirov U. X., Hamraqulov T. T. Research results on prevention of tires anthropogenic impact on the soil. *IJARSET*, 2021;8;4.
9. Shilo I. N., Orda A. N., Romanyuk N. N., Nukeshev S. O., Kushnir V. The influence of the number of axles of the running system of mobile agricultural machinery on the depth of the track. *Traktory i sel'khozmashiny*, 2016;4:37–41. EDN VUDQXV (in Russ.).
10. Akhmetov A. A., Akhmedov Sh. A. The pressure of the front wheel on the soil of tractors with different wheel shapes. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*, 2019;13;1:27–33. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-13-1-27-33> (in Russ.).
11. Slyusarenko V. V., Rusinov A. V., Fedyunina T. V. The influence of movers of machine-tractor units on the yield of agricultural crops. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2016;3(45):120–122. <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.45.127> (in Russ.).
12. Normirzaev A. R. Compacting effect of tractor propellers on the soil during tillage and cultivation of agricultural crops. *Tochnaya nauka*, 2021;114:15–19. EDN XBHMFB (in Russ.).
13. Halliev A., Halliev A., Kuliiev A. The influence of modern tractors on productivity and soil compaction. *Internauka*, 2022;17–4(240):43–44. EDN SAPPLO (in Russ.).
14. Saveliev Yu. A., Shishkin P. A. The influence of freezing soil process on its thinning and productive ability. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2009;2:167–172. EDN KZZRUR (in Russ.).
15. Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Krivutsa Z. F., Panova E. V., Polikutina E. S., Mitrokhina O. P., Kachko S. Yu. Reduction of wheeled harvesters technogeneous effect on soil. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2019;1(49)87–94. doi: 10.24411/1999-6837-2019-11013. EDN VFOXEB (in Russ.).

© Панасюк А. Н., Епифанцев В. В., Дегтярев Д. А., 2024

Статья поступила в редакцию 13.02.2024; одобрена после рецензирования 15.03.2024; принята к публикации 19.03.2024.

The article was submitted 13.02.2024; approved after reviewing 15.03.2024; accepted for publication 19.03.2024.

Информация об авторах

Панасюк Александр Николаевич, доктор технических наук, доцент, член-корреспондент Российской академии наук, Дальневосточный государственный аграрный университет, ORCID: 0000-0002-9884-2999, alex28rus@list.ru;

Епифанцев Виктор Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, ORCID: 0000-0002-7047-0134, viktor.iepifatsiev.59@mail.ru;

Дегтярев Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, Дальневосточный государственный аграрный университет, ORCID: 0009-0001-6344-9230, agroamur@list.ru

Information about the authors

Alexander N. Panasyuk, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Far Eastern State Agrarian University, ORCID: 0000-0002-9884-2999, alex28rus@list.ru;

Viktor V. Epifantsev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, ORCID: 0000-0002-7047-0134, viktor.iepifatsiev.59@mail.ru;

Dmitry A. Degtyarev, Candidate of Technical Sciences, Far Eastern State Agrarian University, ORCID: 0009-0001-6344-9230, agroamur@list.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 543.645.6

EDN IXWFDG

DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-91-98

Разработка нового антимикробного пептида

Елизавета Андреевна Улитина¹, Шолпан Сергеевна Валиева²,
Сергей Леонидович Тихонов³, Наталья Валерьевна Тихонова⁴

^{1, 2, 3, 4} Уральский государственный аграрный университет

Свердловская область, Екатеринбург, Россия

³ Уральский государственный лесотехнический университет

Свердловская область, Екатеринбург, Россия

³ tihonov75@bk.ru

Аннотация. Рассмотрены свойства антимикробных пептидов как веществ, обладающих высокой биологической активностью, которые могут быть использованы в качестве функциональных ингредиентов и (или) веществ консервирующего действия, в составе пищевой продукции профилактического и специализированного назначения. Разработан новый антимикробный пептид, состоящий из 20 аминокислотных остатков; произведен выбор подходящих аминокислотных последовательностей; оптимизированы физико-химические свойства и оценена активность в отношении микроорганизмов-мишеней. Рассмотрено включение положительно заряженных аминокислот, таких как лизин и аргинин, повышающих катионность антимикробных пептидов и следовательно, увеличивающих их селективность по отношению к микробным мембранам. Процентное содержание каждой аминокислоты следующее: Val – 5, Leu – 25, Cys – 5, Ala – 20, Trp – 5, Gly – 5, Ser – 5, His – 5, Lys – 20 и Arg – 5. Общее гидрофобное соотношение, определяемое APD, составляет 60 %; заряд равен + 5,25. Пептид имеет молекулярную массу 2 206,761 Да; потенциал связывания с белками (индекс Бомана) на уровне 0,23 ккал/моль. Пептид может образовывать альфа-спирали и имеет, по крайней мере, 8 элементов на одной гидрофобной поверхности. Согласно полученным данным от базы данных APD, пептид может взаимодействовать с мембранами бактерий и является антимикробным. Наиболее близки по физико-химическим характеристикам к созданному пептиду следующие известные антимикробные пептиды: AP 00500, AP 03880 и AP 03383. Разработанный пептид можно классифицировать как катионный альфа-спиральный гидрофобный антимикробный пептид.

Ключевые слова: биологически активные пептиды, антимикробные пептиды, аминокислотная последовательность, заряд, свойства антимикробных пептидов

Для цитирования: Улитина Е. А., Валиева Ш. С., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В. Разработка нового антимикробного пептида // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 1. С. 91–98. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-91-98.

Original article

Development of new antimicrobial peptide

Elizaveta A. Ulitina¹, Sholpan S. Valieva²,
Sergey L. Tikhonov³, Natalya V. Tikhonova⁴

^{1, 2, 3, 4} Ural State Agrarian University, Sverdlovsk region, Ekaterinburg, Russian Federation

³ Ural State Forestry University, Sverdlovsk region, Ekaterinburg, Russian Federation

³ tihonov75@bk.ru

Abstract. The properties of antimicrobial peptides as substances with high biological activity are considered; they can also be used as functional ingredients and (or) preservative substances in food product composition for preventive and specialized purposes. A new antimicrobial peptide consisting of 20 amino acid residues was developed; during the work, suitable amino acid sequences were selected, physical and chemical characteristics were optimized, and activity against target microorganisms was assessed. The inclusion of positively charged amino acids, such as lysine and arginine, which increase the cationicity of antimicrobial peptides and therefore increase their selectivity towards microbial membranes, is considered. The percentage content of each amino acid is as follows, %: Val – 5, Leu – 25, Cys – 5, Ala – 20, Trp – 5, Gly – 5, Ser – 5, His – 5, Lys – 20 and Arg – 5. General hydrophobicity ratio determined by APD is 60%, the charge is + 5.25. The peptide has a molecular weight of 2 206.761 Da, protein binding potential (Bohmann index) of 0.23 kcal/mol. The peptide can form alpha helices and has at least 8 elements on a single hydrophobic surface. According to data obtained from the APD database, the peptide can interact with bacterial membranes and is antimicrobial. The following known antimicrobial peptides are closest in physical and chemical characteristics to the created peptide: AP 00500, AP 03880 and AP 03383. The developed peptide can be classified as a cationic alpha-helical hydrophobic antimicrobial peptide.

Keywords: biologically active peptides, antimicrobial peptides, amino acid sequence, charge, characteristics

For citation: Ulitina E. A., Valieva Sh. S., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V. Development of new antimicrobial peptide. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;1:91–98. (in Russ.). doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-91-98.

Введение. Одним из актуальных научных направлений в области производства пищевой продукции является создание продуктов функционального и специализированного назначения [1, 2, 12]. Благодаря своим уникальным свойствам антимикробные пептиды обладают высокой биологической активностью и могут быть использованы в качестве функциональных ингредиентов и (или) веществ консервирующего действия в составе пищевой продукции профилактического и специализированного назначения.

Но вместе с тем широкому применению их в составе пищевых продуктов препятствуют такие факторы, как низкая стабильность под действием пептидаз желудочно-кишечного тракта и невысокая эффективность [3, 4]. Следовательно, решение этих проблем является актуальным направлением исследований в области пищевой пептидомии.

Разработка антимикробного пептида (АМП) – это сложный процесс, включающий выбор подходящих аминокислотных последовательностей, оптимизацию физико-химических свойств и оценку активно-

сти в отношении микроорганизмов-мишеней [5].

АМП обладают уникальными физическими и химическими свойствами, которые могут быть оптимизированы с помощью различных подходов к разработке для повышения потенциала их применения [4]. Так, катионная природа многих АМП из-за присутствия положительно заряженных аминокислот с основными боковыми цепями усиливает их первоначальное электростатическое притяжение к отрицательно заряженным поверхностям микробных клеток, что приводит к разрушению бактериальной мембраны и последующей гибели клеток [5–7]. Таким образом, включение положительно заряженных аминокислот, таких как лизин (Lys) и аргинин (Arg), повышает катионность АМП, следовательно, увеличивает их селективность по отношению к микробным мембранам [8].

Кроме того, амфипатическая природа многих АМП, характеризующаяся пространственно разделенными гидрофобными и гидрофильными гранями в их молекулярной структуре [4], имеет

решающее значение для проявления антимикробной активности пептидов. Эта амфипатичность позволяет внедряться в микробные мембраны при сохранении растворимости в водной среде [9].

Важным свойством АМП является их небольшая длина последовательности, обычно варьирующаяся от 10 до 50 аминокислотных остатков. Поддержание длины последовательности менее 50 аминокислот дает преимущества с точки зрения экономичного химического синтеза, повышенной стабильности и сниженной аллергенности без ущерба для активности [9].

АМП могут иметь разнообразный аминокислотный состав, обеспечивающий гибкость при конструировании пептидов со специфическими свойствами, такими как повышенная стабильность или селективность в отношении определенных штаммов патогенов [4].

Следует отметить, что некоторые АМП устойчивы к протеолитическому разложению (содержат аминокислоты V и W), что позволяет поддерживать их активность в присутствии ферментов, которые обычно разрушают пептиды. Это свойство способствует их долговечности в организме человека и способности сохраняться в агрессивных средах [9].

Следовательно, создание таких АМП, устойчивых к действию протеаз, является возможным при понимании физико-химических свойств АМП и может помочь преодолеть проблемы, связанные с их разработкой для биотехнологических и пищевых применений.

Целью исследований явилась разработка нового пищевого антимикробного пептида.

Методы исследований. Разработка АМП предполагала конструирование наиболее эффективных антимикробных аминокислотных последовательностей и физико-химических свойств. Это может включать химическое изменение существующих пептидных последовательностей или создание новых пептидных миметиков, имеющих структурное и функциональное сходство с известными пептидами (пептидомиметики).

Как правило, рациональный дизайн фокусируется на нескольких ключевых характеристиках, включая аминокислот-

ный состав, длину цепи, гидрофобность, суммарный положительный заряд, вторичную структуру и амфифильность, как было доказано в многочисленных исследованиях [10]. Разработка АМП проводилась нами с учетом вышеуказанных характеристик. Для разработки использованы базы данных антимикробных пептидов APD, DRAMP и результаты исследований ведущих ученых в области пептидомимики.

DRAMP – это база данных с открытым доступом и ручным управлением, содержащая разнообразные аннотации к АМП, включая сведения об их последовательностях, структурах, биологической активности, физико-химической, патентной, клинической и справочной информации о пептидах.

В настоящее время DRAMP содержит 22 407 позиций, из которых 6 032 являются общими пептидами (имеющими как природные, так и синтетические усилители), 16 110 запатентованными пептидами, 77 пептидами в стадии разработки лекарств (доклиническая или клиническая стадия) и 188 сшитыми антимикробными пептидами, относящимися к конкретным пептидам. Чтобы расширить возможности разработки АМП, DRAMP также содержит 5 909 кандидатов АМП, отобранных некоторыми платформами, антибактериальная активность которых еще не проанализирована (<http://dramp.cpu-bioinform.org>).

Результаты исследований и их обсуждение. Согласно базе антимикробных пептидов APD, наиболее часто повторяются в пептидной последовательности следующие аминокислоты: лейцин (L), глицин (G), серин (S), лизин (K), аланин (A), цистеин (C), положительно заряженные аминокислоты, лизин (Lys), аргинин (Arg) и гистидин (H). Большинство АМП являются α -спиральными и содержат аланин (A), лейцин (L) и лизин (K) [11].

Согласно базе данных антимикробных пептидов DRAMP, большинство АМП пептидов состоят из 15–30 аминокислотных остатков с катионным зарядом и имеют гидрофобные аминокислоты аланин, валин, лейцин, изолейцин, метионин, фенилаланин, триптофан, пролин.

На основании представленных данных нами сконструирован пептид со следующей последовательностью аминокислот LGSKACLKRHALKKAALLVW.

Согласно полученной информации, в базах данных антимикробных пептидов полученный нами пептид отсутствует (рис. 1, 2). Полученный пептид состоит из 20 аминокислотных остатков. Характеристика аминокислотных остатков в пептиде приведена в таблице 1.

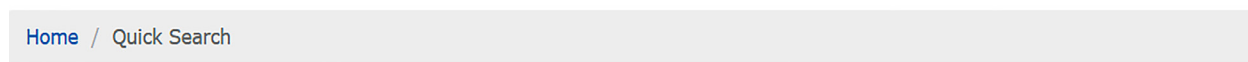
Процентное содержание каждой аминокислоты следующее: Val – 5, Leu – 25, Cys – 5, Ala – 20, Trp – 5, Gly – 5, Ser – 5, His – 5, Lys – 20 и Arg – 5.

Общее гидрофобное соотношение, определяемое APD, составляет 60 %; заряд равен +5,25. Пептид имеет молеку-

лярную массу 2 206,761 Да; потенциал связывания с белками (индекс Бомана) находится на уровне 0,23 ккал/моль.

Пептид может образовывать альфа-спираль и имеет восемь элементов на одной гидрофобной поверхности. Согласно полученным данным от базы данных APD, пептид может взаимодействовать с мембранами бактерий и является антимикробным.

Наиболее близки по физико-химическим характеристикам к созданному пептиду следующие известные АМП: AP00500, AP 03880 и AP 03383 (рис. 3).



Details
User : Anonymous
Matches Entries : 0
Key : **LGSKACLKRHALKKAALLVW**
Job ID : 3W8UDL

Рисунок 1 – Результаты поиска пептида LGSKACLKRHALKKAALLVW по базе DRAMP

Поиск по базе данных AMP

<ul style="list-style-type: none"> База данных по антимикробным пептидам О нас Поиск по базе данных AMP Калькулятор и предсказатель антимикробных пептидов Разработчик антимикробных пептидов Статистическая информация Связанные базы данных и веб-сайты прогнозирования Временная шкала AMP Номенклатура антимикробных пептидов Классификация антимикробных пептидов Глоссарий Факты ТРЕХМЕРНАЯ структура антимикробных пептидов Инструменты Возможности 	<p>Условия вашего запроса следующие:</p> <p>Идентификатор: "</p> <p>APD:</p> <p>Расположение: "Любой"</p> <p>LocationID: "</p> <p>Имя: ",", "</p> <p>Тип: "Любой"</p> <p>Длина: "Любой"</p> <p>Чистая плата: "Любой"</p> <p>Процент: "Любой"</p> <p>Гидрофобности:</p> <p>Активность: "....."</p> <p>Автор: "</p> <p>Источник: "</p> <p>Содержит последовательность: 'LGSKACLKRHALKKAALLVW'</p> <p>1:</p> <p>Содержит последовательность:</p> <p>2:</p> <p>Метод исследования: "Любой"</p> <p>Дополнительная информация: ",", "</p> <p>Отсортирован по: 'ID'</p> <p>Результаты не найдены</p> <p>Повторный поиск</p>
--	---

Рисунок 2 – Результаты поиска пептида LGSKACLKRHALKKAALLVW по базе APD

Таблица 1 – Характеристика аминокислотных остатков в пептиде LGSKACLRHALKKAALLVW

Гидрофобная аминокислота	I: 0 V: 1 L: 5 F: 0 C: 1 M: 0 A: 4 W: 1
Количество G и P	G: 1 P: 0
Отрицательно заряженная аминокислота	E: 0 D: 0
Положительно заряженная аминокислота	K: 4 R: 1 H: 1
Другие аминокислоты	T: 0 S: 1 Y: 0 Q: 0 N: 0

APD3
ANTIMICROBIAL PEPTIDE DATABASE

Peptide Alignment

- Antimicrobial Peptide Database
- About
- AMP Database Search
- Antimicrobial Peptide Calculator and Predictor
- Antimicrobial Peptide Designer
- Statistical Information
- Related Databases & Prediction Websites
- AMP Timeline
- Nomenclature of Antimicrobial Peptides
- Classification of Antimicrobial Peptides
- Glossary
- AMP Facts

The top groups of similar (by percentage). 10000 Groups displayed.

Number 1, Similarity percentage: 47.83%
AP00500

-Alignment Result-: G L G S + + V L G K + + A L K I G A N L L + +
--Input Sequence--: + L G S K A C L + K R H A L K + K A A L L V W

Number 2, Similarity percentage: 47.62%
AP03880

-Alignment Result-: G L L S + A + L K + + A L G K + + L L + +
--Input Sequence--: + L G S K A C L K R H A L K K A A L L V W

Number 3, Similarity percentage: 47.62%
AP03883

-Alignment Result-: G L L S + A + L K + + A L G K + A + L + +
--Input Sequence--: + L G S K A C L K R H A L K K A A L L V W

Рисунок 3 – Известные АМП, сходные по физико-химическим характеристикам и антимикробным свойствам (данные базы APD)

Заключение. На основании проведенных исследований разработан новый антимикробный пептид. Он состоит из 20 аминокислотных остатков и имеет следующую аминокислотную последовательность:



Полученный пептид классифицируется как альфа-спиральный катионный гидрофобный антимикробный пептид.

Возможно, разработанный пептид устойчив к действию протеаз, так как содержит аминокислотные остатки VW, повышающие стабильность протеолитическому расщеплению.

Список источников

1. Решетник Е. И., Шарипова Г. В., Максимюк В. А. Исследование влияния виноградной муки на функциональные свойства геродиетических мясорастительных полуфабрикатов // Техника и технология пищевых производств. 2014. № 2 (33). С.71–75. EDN SEPQOH.

2. Решетник Е. И., Уточкина Е. А. Разработка технологии ферментированного молочно-растительного напитка с функциональными свойствами // Техника и технология пищевых производств. 2011. № 2 (21). С. 53–56. EDN NYGVHX.
3. Zhao Y., Zhang M., Qiu S., Wang J., Peng J., Zhao P. [et al.] Antimicrobial activity and stability of the D-amino acid substituted derivatives of antimicrobial peptide polybia-MPI // AMB Express. 2016. Vol. 6. No. 122. <https://doi.org/10.1186/s13568-016-0295-8>.
4. Huan Y. C, Kong Q., Mou H. J., Yi. H. Antimicrobial peptides: classification, design, application and research progress in multiple fields // Frontiers in Microbiology. 2020. Vol. 11. No. 582779. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.582779>.
5. Lee Y. J., Shirkey J. D., Park J., Bisht K., Cowan A. J. An overview of antiviral peptides and rational biodesign considerations // BioDesign Research. 2022. No. 9898241. <https://doi.org/10.34133/2022/9898241>.
6. Mwangi J., Hao X., Lai R., Zhang Z. Y. Antimicrobial peptides: new hope in the war against multidrug resistance // Zoological Research. 2019. Vol. 40. No 6. P. 488–505. <https://doi.org/10.24272/j.issn.2095-8137.2019.062>.
7. Mwangi J., Yin Y., Wang G., Yang M., Li Y., Zhang Z. [et al.] The antimicrobial peptide ZY4 combats multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter baumannii* infection // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2019. Vol. 116. No. 52. P. 26516–26522. <https://doi.org/10.1073/pnas.190958511>.
8. Jin L., Bai X., Luan N., Yao H., Zhang Z., Liu W. [et al.] A designed tryptophan and lysine arginine-rich antimicrobial peptide with therapeutic potential for clinical antibiotic-resistant candida albicans vaginitis // Journal of Medicinal Chemistry. 2016. Vol. 59. No 5. P. 1791–1799. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.5b01264>.
9. Cheng Q., Zeng P. Hydrophobic-hydrophilic alternation: An effective pattern to de novo designed antimicrobial peptides // Curr Pharm Des. 2022. Vol. 28. No. 44. P. 3527–3537. doi: 10.2174/1381612828666220902124856.
10. Zhang Z., Mu L., Tang J., Duan Z., Wang F., Wei L. [et al.] A small peptide with therapeutic potential for inflammatory acne vulgaris // PLoS One. 2013. Vol. 8. No. 8. P. e72923. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072923>.
11. Wang G. The antimicrobial peptide database provides a platform for decoding the design principles of naturally occurring antimicrobial peptides // Protein Science. 2020. Vol. 29. No. 1. P. 8–18. <https://doi.org/10.1002/pro.3702>.
12. Pei M., Chen S., Li C., Zhang G., Liu L., Zhao Z., Reshetnik E. I., Griбанова S. L., Zhao L. Physicochemical properties and volatile components of pea flour fermented by *Lactobacillus rhamnosus* L08 // Food Bioscience. 2022. Vol. 46. No. 101590. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101590>.

References

1. Reshetnik E. I., Sharipova G. V., Maksimyuk V. A. Influence of grape flour on functional properties of meat-and-cereal semi-finished products for elderly age group. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv*, 2014;2(33):71–75 (in Russ.). EDN SEPQOH.
2. Reshetnik E. I., Utochkina E. A. Fermented plant milk drink with functional characteristics: technology development. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv*, 2011;2(21):53–56 (in Russ.). EDN NYGVHX.
3. Zhao Y., Zhang M., Qiu S., Wang J., Peng J., Zhao P. [et al.] Antimicrobial activity and stability of the D-amino acid substituted derivatives of antimicrobial peptide polybia-MPI. *AMB Express*, 2016;6;122. <https://doi.org/10.1186/s13568-016-0295-8>.
4. Huan Y. C, Kong Q., Mou H. J., Yi. H. Antimicrobial peptides: classification, design, application and research progress in multiple fields. *Frontiers in Microbiology*, 2020;11;582779. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.582779>.

5. Lee Y. J., Shirkey J. D., Park J., Bisht K., Cowan A. J. An overview of antiviral peptides and rational biodesign considerations. *BioDesign Research*, 2022;9898241. <https://doi.org/10.34133/2022/9898241>.
6. Mwangi J., Hao X., Lai R., Zhang Z. Y. Antimicrobial peptides: new hope in the war against multidrug resistance. *Zoological Research*, 2019;40;6:488–505. <https://doi.org/10.24272/j.issn.2095-8137.2019.062>.
7. Mwangi J., Yin Y., Wang G., Yang M., Li Y., Zhang Z. [et al.] The antimicrobial peptide ZY4 combats multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter baumannii* infection. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2019;116;52: 26516–26522. <https://doi.org/10.1073/pnas.190958511>.
8. Jin L., Bai X., Luan N., Yao H., Zhang Z., Liu W. [et al.] A designed tryptophan and lysine arginine-rich antimicrobial peptide with therapeutic potential for clinical antibiotic-resistant candida albicans vaginitis. *Journal of Medicinal Chemistry*, 2016;59;5:1791–1799. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.5b01264>.
9. Cheng Q., Zeng P. Hydrophobic-hydrophilic alternation: An effective pattern to de novo designed antimicrobial peptides. *Curr Pharm Des*, 2022;28;44:3527–3537. doi: 10.2174/1381612828666220902124856.
10. Zhang Z., Mu L., Tang J., Duan Z., Wang F., Wei L. [et al.] A small peptide with therapeutic potential for inflammatory acne vulgaris. *PLoS One*, 2013;8;8:e72923. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072923>.
11. Wang G. The antimicrobial peptide database provides a platform for decoding the design principles of naturally occurring antimicrobial peptides. *Protein Science*, 2020;29;1:8–18. <https://doi.org/10.1002/pro.3702>.
12. Pei M., Chen S., Li C., Zhang G., Liu L., Zhao Z., Reshetnik E. I., Griбанова S. L., Zhao L. Physicochemical properties and volatile components of pea flour fermented by *Lactobacillus rhamnosus* L08. *Food Bioscience*, 2022;46;101590. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101590>.

© Улитина Е. А., Валиева Ш. С., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., 2024

Статья поступила в редакцию 26.01.2024; одобрена после рецензирования 19.02.2024; принята к публикации 22.02.2024.

The article was submitted 26.01.2024; approved after reviewing 19.02.2024; accepted for publication 22.02.2024.

Информация об авторах

Улитина Елизавета Андреевна, аспирант, Уральский государственный аграрный университет;

Валиева Шолпан Сергеевна, аспирант, Уральский государственный аграрный университет;

Тихонов Сергей Леонидович, доктор технических наук, профессор кафедры химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов, Уральский государственный лесотехнический университет; профессор кафедры пищевой инженерии и аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет, tihonov75@bk.ru;

Тихонова Наталья Валерьевна, доктор технических наук, заведующая кафедрой пищевой инженерии и аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет

Information about the authors

Elizaveta A. Ulitina, Postgraduate Student, Ural State Agrarian University;

Sholpan S. Valieva, Postgraduate Student, Ural State Agrarian University;

Sergey L. Tikhonov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Chemical Technology of Wood, Biotechnology and Nanomaterials, Ural State Forestry University; Professor of the Department of Food Engineering and Agricultural Production, Ural State Agrarian University, tikhonov75@bk.ru;

Natalya V. Tikhonova, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Food Engineering and Agricultural Production, Ural State Agrarian University

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 631.51

EDN IGBPEL

DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-99-104

К вопросу деформационно-энергетической оценки состояния почвы при обработке

Сергей Александрович Шишлов¹, Александр Николаевич Шишлов²,
Дмитрий Сергеевич Шишлов³

^{1,2,3} Приморский государственный аграрно-технологический университет
Приморский край, Уссурийск, Россия

¹ sergey_a_shishlov@mail.ru

Аннотация. Проведение агротехнических операций по механической обработке почвы, а также любое воздействие на нее рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий, колесных и гусеничных движителей тракторов, комбайнов, прицепов и других технических средств, принимающих участие в сельскохозяйственном производстве, сопровождается действующей на почву деформирующей нагрузкой. Любой вид деформации почвы осуществляется с помощью некоторого количества затраченной энергии, поэтому процесс изменения свойств почвы при воздействии на нее деформаторов связан с приданием ей определенного энергетического уровня. При этом в качестве энергетических затрат, связанных с переходом почвы из одного состояния в другое, следует принимать не рассеянную энергию рабочего органа, воздействующего на почву, а энергию, поглощенную почвой, так как именно эта часть энергии обуславливает переход почвы из одного состояния в другое. В этой связи оценку напряженно-деформированного и энергетического состояния почвы предлагается производить на основании механической модели ее смятия. В статье приведены некоторые результаты теоретических исследований, направленных на разработку такой модели. Механическая модель смятия почвы характеризует ее напряженно-деформированное состояние на всех этапах деформации под энергетическим воздействием рабочих органов и ходовых систем сельскохозяйственной техники от момента начала деформации до разрушения. Для этого данная модель последовательно и параллельно включает в себя упругие и вязкие элементы, в которых происходит перераспределение напряжений при изменении скорости приложения деформирующей нагрузки, что соответствует реальному изменению напряженно-деформированного состояния почвы в конкретных условиях.

Ключевые слова: почва, деформация, рабочий орган, обработка почвы, деформирующая нагрузка

Для цитирования: Шишлов С. А., Шишлов А. Н., Шишлов Д. С. К вопросу деформационно-энергетической оценки состояния почвы при обработке // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 1. С. 99–104. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-99-104.

Original article

On the issue of deformation and energy assessment of soil condition during tillage

Sergey A. Shishlov¹, Aleksandr N. Shishlov², Dmitry S. Shishlov³

^{1,2,3} Primorsky State Agrarian and Technological University
Primorsky krai, Ussuriysk, Russian Federation

¹ sergey_a_shishlov@mail.ru

Abstract. Soil is greatly affected with working parts of agricultural machines and implements during agrotechnical operations of mechanical tillage. Technical means taking part in ag-

ricultural production such as wheeled and tracked propulsors of tractors, combines, trailers and other cause an acting deforming load on soil. Any type of soil deformation is carried out using a certain amount of expended energy, therefore the process of changing the properties of the soil when exposed to deformers is associated with giving it a certain energy level. In this case, as the energy costs associated with the transition of soil from one state to another, one should take not the dissipated energy of the working body acting on the soil, but the energy absorbed by the soil, since it is this part of the energy that determines the transition of the soil from one state to another. In this regard, it is proposed to assess the stress-strain and energy state of the soil on the basis of a mechanical model of its compression. The article presents some results of theoretical studies aimed at developing such a model. The mechanical model of soil compression characterizes its stress-strain state at all stages of deformation under the energetic influence of working bodies and running systems of agricultural machinery from the moment of the onset of deformation until destruction. For this purpose, the mechanical model of soil compression sequentially and in parallel includes elastic and viscous elements in which stress redistribution occurs when the rate of application of the deforming load changes, which corresponds to a real change in the stress-strain state of the soil under specific conditions.

Keywords: soil, deformation, working body, tillage, deforming load

For citation: Shishlov S. A., Shishlov A. N., Shishlov D. S. On the issue of deformation and energy assessment of soil condition during tillage. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;1:99–104. (in Russ.). doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-99-104.

Введение. Продуктивность сельскохозяйственных культур непосредственно связана с условиями их роста и развития. Получение высокого урожая при снижении затрат на производство продукции является одним из основных показателей развития растениеводческой отрасли агропромышленного комплекса.

К основным факторам, влияющим на успешное развитие отрасли, относятся природно-климатические, технологические, агрономические и конструкторские. *Природно-климатические факторы* определяются типом почвы, выпадением осадков, температурой окружающей среды, солнечной энергией. *Технологические факторы* заключаются в совершенствовании технологий возделывания сельскохозяйственных культур с учетом природно-производственных условий.

Агрономические факторы обусловлены повышением способности почвы противостоять воздействию на нее нагрузкам благодаря соблюдению качественных показателей обработки и внесению удобрений. *Конструкторские факторы* предполагают создание новых и совершенствование имеющихся средств механизации сельскохозяйственного производства с целью устранения или снижения их негативного воздействия на почву и проведения технологических операций с наименьшими энергозатратами.

Все приведенные факторы являются обладателями энергии определенного вида, в частности энергии, затраченной на деформацию почвы при обработке, которая, при грамотном ее использовании, дает возможность эффективного проведения технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур с минимальными энергетическими затратами.

Целью исследований является разработка механической модели смятия почвы, характеризующей ее напряженно-деформированное состояние под энергетическим воздействием рабочих органов и ходовых систем сельскохозяйственной техники при выполнении различных агротехнических операций.

Материалы и методы исследований. В качестве методологической основы проведенных исследований использовались методы и приемы диалектического познания рассматриваемой проблемы, методологические и теоретические положения классической механики, математического анализа, механики сплошной среды.

Результаты исследований и их обсуждение. Основой любого способа механической обработки почвы является изменение ее свойств путем деформации различными видами почвообрабатывающих орудий с целью создания благоприятных условий для роста и развития культурных растений.

Почва – трехфазная среда, состоящая из твердой, жидкой и газообразной фаз в зависимости от соотношения которых изменяются ее физико-механические свойства. Состояние почвы как целостной структуры обеспечивается силами межмолекулярного притяжения ее элементарных частиц, образующих сплошную среду. Эти силы, обладая определенной энергией, создают энергетические поля, которые под действием деформаторов разрушаются, изменяя структуру почвы [1].

Структурная схема процесса деформации почвы от воздействия на нее различных деформаторов с возникающими при этом нормальным (σ), касательным (τ) и полным (p) напряжениями приведена на рисунке 1.

При проведении технологических операций по механической обработке почвы количество факторов, влияющих на этот процесс, постоянно меняется во времени, в связи с чем изменяется и величина усилия, прикладываемого к рабочему органу. Поскольку величину и направление силовых факторов постоянно контролировать весьма сложно, считаем целесообразным оценивать затраты на деформацию

почвы при обработке величиной затрачиваемой энергии. Чем менее энергозатратным будет этот процесс, тем экономичнее его применение.

Ввиду того, что силовые импульсы от воздействия рабочих органов на почву являются переменными, в ней возникают волны деформаций и напряжений. При этом импульсы поглощаемой энергии передаются от верхних слоев почвы к нижним. Вследствие наличия сил трения и необратимых деформаций, импульсы ослабевают по мере передачи их от слоя к слою. Степень ослабления определяется как свойствами почвы, так и характером, величиной силовых импульсов. Таким образом, по объему почвы распространяются затухающие волны.

Это обуславливает появление в почве нелинейных эффектов и позволяет предполагать, что поглощаемая энергия описывается сопротивлениями, которые показывают взаимосвязь между величиной энергии, рассеянной в почве, и вязким сопротивлением.

Оценка напряженно-деформированного и энергетического состояния почвы может быть произведена на основании ме-

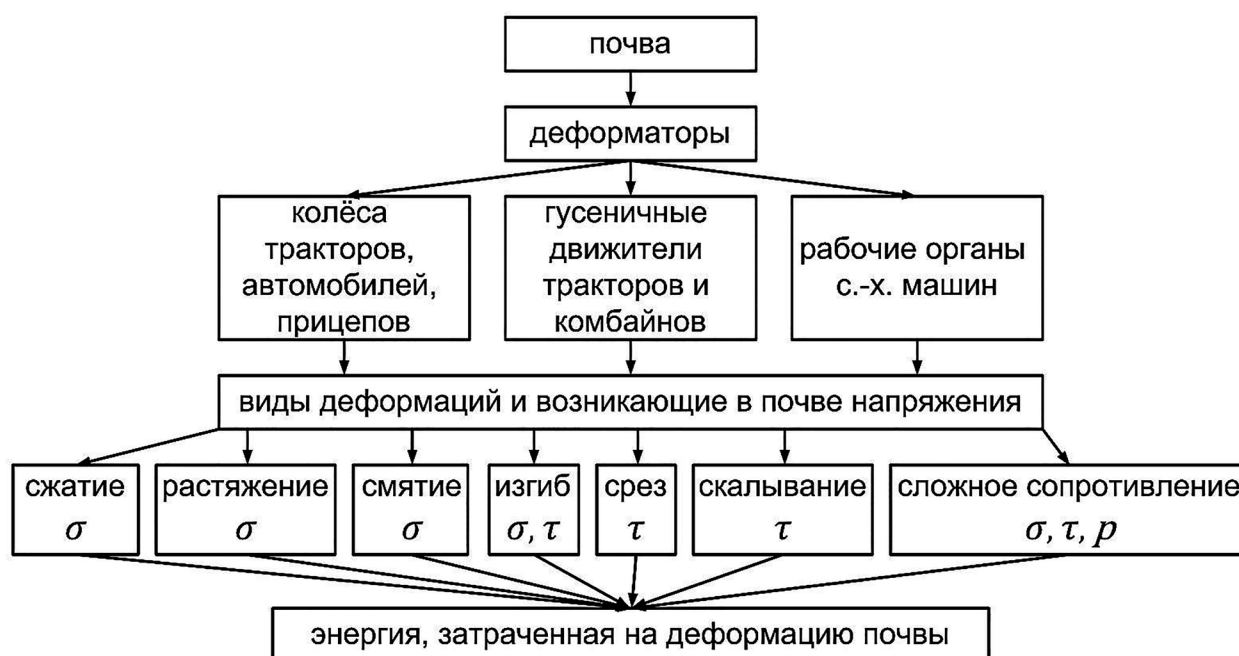


Рисунок 1 – Структурная схема процесса деформации почвы от воздействия рабочих органов и ходовых систем сельскохозяйственной техники
Figure 1 – Structural scheme of soil deformation process from the influence of working bodies and running systems of agricultural machinery

ханической модели ее смятия. Механическая модель должна быть универсальной и отражать происходящие в почве в процессе обработки изменения от воздействия на нее нагрузки. Предлагаемая механическая модель смятия почвы от воздействия рабочих органов и ходовых систем сельскохозяйственной техники представлена на рисунке 2.

В данной механической модели смятия почвы упругие элементы E_1 , E_2 , E_3 подчиняются закону Гука, а величины возникающих напряжений определяются из уравнения (1) [2, 3]:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E \quad (1)$$

где ε – величина относительной деформации почвы от нагрузки F ;

E – модуль упругости почвы.

Элементы μ_1 и μ_2 отображают вязкие свойства почвы, а величина напряжения в них определяется из уравнения (2):

$$\sigma = \mu \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (2)$$

где μ – коэффициент вязкости (изображается моделью, состоящей из поршня, пе-

ремещающегося в цилиндре с вязкой жидкостью).

Жестко-пластическое тело σ_T при напряжениях ниже предела текучести не деформируется. Течение развивается лишь при напряжениях, удовлетворяющих условию текучести, при котором $\sigma = \sigma_T$.

Смешанное (последовательно и параллельно) включение в модель упругих и вязких элементов вызывает перераспределение в них напряжений при изменении скорости приложения деформирующей энергии от силы F . Это соответствует реальному изменению напряженно-деформированного состояния почвы в конкретных условиях.

Исходя из того, что почва является мелкодисперсной средой, состоящей из множества твердых частиц, разделенных жидкой и газообразной фазой, в начальный момент воздействия рабочего органа на почву во взаимодействие с его рабочей поверхностью вступают твердые частицы, расположенные ближе к поверхности контакта. Поскольку силы взаимного притяжения частиц почвы друг к другу незначительны по сравнению с усилием воздействующего на них деформатора, дальнейшее уплотнение почвы происходит за счет сближения твердых частиц

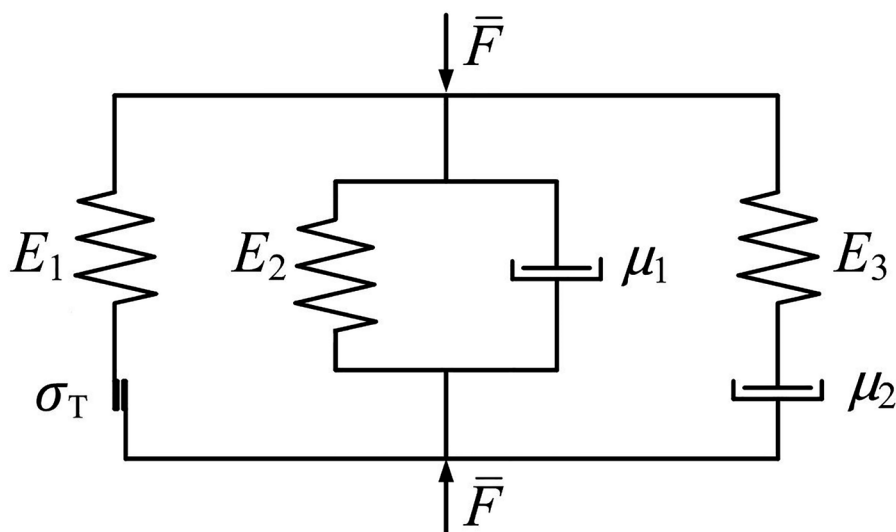


Рисунок 2 – Механическая модель смятия почвы от воздействия рабочих органов и ходовых систем сельскохозяйственной техники

Figure 2 – Mechanical model of soil compression from the impact of working bodies and running systems of agricultural machinery

друг с другом путем заполнения пор, заполненных воздухом и водой [4, 5]. При этом меняются параметры E_1 , E_2 , E_3 механической модели, характеризующие деформацию почвы в упругой области.

Обладая определенной величиной потенциальной энергии, в начальный момент воздействия почва аккумулирует в себе запас этой энергии. При дальнейшем уплотнении почвы и увеличении скорости движения деформатора потенциальная энергия переходит в кинетическую энергию твердых частиц почвы, которая приводит к разрыхлению обрабатываемого пласта. Когда напряжения в почве достигают предела текучести, она переходит из режима упруговязкого деформирования в упруговязкопластическое деформирование [6], что отражается на всех элементах модели.

Таким образом, предложенная механическая модель характеризует все этапы деформации почвы под энергетическим воздействием рабочих органов и ходовых систем сельскохозяйственной

техники, от момента начала деформации до разрушения.

Заключение. 1. Почва, являясь сложной средой, обеспечивает свое структурное состояние силами взаимного притяжения твердых частиц, обладающих определенным запасом потенциальной энергии.

2. Воздействие на почву деформаторов в виде рабочих органов и ходовых систем сельскохозяйственной техники связано с различными видами деформаций и вызывает напряжения и деформации, различные по величине и направлению при переходе потенциальной энергии в кинетическую, обеспечивающую в почве структурные изменения.

3. Предложенная механическая модель смятия почвы является универсальной и позволяет оценить напряженно-деформированное состояние почвы в зависимости от изменения ее свойств под энергетическим воздействием деформаторов.

Список источников

1. Горячкин В. П. Собрание сочинений: в 3 т. Т. 1. М. : Колос, 1968. 720 с.
2. Алдошин Н. В., Васильев А. С., Голубев В. В. Исследования прочностных характеристик почвы // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева, 2020. № 3 (47). С. 68–73. EDN UQTTHX.
3. Алдошин Н. В., Васильев А. С., Голубев В. В. Исследование пределов прочности почвы на сжатие и растяжение // Агроинженерия. 2020. № 3 (97). С. 27–33. doi: 10.26897/2687-1149-2020-3-27-33.
4. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. 200 с. EDN XONHXY.
5. Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Кривуца З. Ф., Панова Е. В., Поликутина Е. С., Митрохина О. П., Качко С. Ю. Снижение техногенного воздействия на почву колесных комбайнов // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 1 (49). С. 87–94. doi: 10.24411/1999-6837-2019-11013.
6. Шишлов С. А., Шишлов А. Н., Тихончук П. В., Щитов С. В., Жирнов А. Б. Фрикционно-адгезионные свойства почв Приморского края, влияющие на работу машин // Научное обозрение. 2016. № 17. С. 102–106. EDN WXRACF.

References

1. Goryachkin V. P. *Collected Works*. Vol. 1, Moscow, Kolos, 1968, 720 p. (in Russ.).
2. Aldoshin N. V., Vasiliev A. S., Golubev V. V. Studies of strength characteristics of soil. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P. A. Kostycheva*, 2020;3(47):68–73. doi: 10.36508/RSATU.2020.22.33.012. EDN UQTTHX (in Russ.).

3. Aldoshin N. V., Vasiliev A. S., Golubev V. V. Investigation of soil compressive and tensile strength limits. *Agroinzheneriya*, 2020;3(97):27–33. doi: 10.26897/2687-1149-2020-3-27-33 (in Russ.).

4. Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. *Improving the efficiency of mobile energy means in the technology of cultivation of agricultural crops: monograph*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2017, 200 p. EDN XONHXY (in Russ.).

5. Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Krivutsa Z. F., Panova E. V., Polikutina E. S., Mitrokhina O. P., Kachko S. Yu. Reducing the technogenic impact on the soil of wheeled harvesters. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2019;1(49):87–94. doi: 10.24411/1999-6837-2019-11013 (in Russ.).

6. Shishlov S. A., Shishlov A. N., Tikhonchuk P. V., Shchitov S. V., Zhirnov A. B. Friction-adhesion properties of soils of Primorsky krai, affecting the performance of machines. *Nauchnoe obozrenie*, 2016;17:102–106. EDN WXRACF (in Russ.).

© Шишлов С. А., Шишлов А. Н., Шишлов Д. С., 2024

Статья поступила в редакцию 20.02.2024; одобрена после рецензирования 04.03.2024; принята к публикации 06.03.2024.

The article was submitted 20.02.2024; approved after reviewing 04.03.2024; accepted for publication 06.03.2024.

Информация об авторах

Шишлов Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор, Приморский государственный аграрно-технологический университет, sergey_a_shishlov@mail.ru;

Шишлов Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Приморский государственный аграрно-технологический университет, sergey_a_shishlov@mail.ru;

Шишлов Дмитрий Сергеевич, студент бакалавриата, Приморский государственный аграрно-технологический университет, sergey_a_shishlov@mail.ru

Information about the authors

Sergey A. Shishlov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Primorsky State Agrarian and Technological University, sergey_a_shishlov@mail.ru;

Aleksandr N. Shishlov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Primorsky State Agrarian and Technological University, sergey_a_shishlov@mail.ru;

Dmitry S. Shishlov, Undergraduate Student, Primorsky State Agrarian and Technological University, sergey_a_shishlov@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

ПОРЯДОК НАПРАВЛЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К НАУЧНЫМ СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК»

Представленные к публикации статьи должны содержать результаты неопубликованных законченных научных исследований, представлять научную новизну и иметь практическую значимость.

Редакция журнала принимает статьи по следующим научным специальностям:

- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки).
 - 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки).
 - 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки).
 - 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические науки, ветеринарные науки).
 - 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки, сельскохозяйственные науки).
 - 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).
- Также принимаются статьи, соответствующие научному направлению «Пищевые системы (технические науки)».

Авторы несут ответственность за соблюдение прав третьих лиц, достоверность сведений, используемых в материалах статьи и достоверность источников, указанных в работе.

Принимаются оригинальные научные статьи, неопубликованные ранее и не отправленные для публикации в другие издания. Проверка на оригинальность проводится в системе «Антиплагиат». Минимальный уровень оригинальности текста – 80 %. Самоцитирование, как и цитирование других авторов, должно быть обоснованным и соответствовать тематике, целям и задачам научной работы.

Допускается самоцитирование в объеме не более 10 %.

Объем научной статьи должен составлять не менее 25 000 знаков с пробелами, что приблизительно соответствует 15–16 страницам текста, набранного шрифтом размером 14 пт, полуторным междустрочным интервалом, включая текст таблиц и аннотацию (в подсчет не включается список источников и переведенный текст).

При подаче статьи авторы указывают: ФИО полностью, место работы, должность, ученое звание, степень, контактную информацию (телефон, e-mail, почтовый адрес для отправки печатной версии журнала).

Обязательно – Author ID (идентификатор автора в РИНЦ).

Желательно – ORCID (международный, открытый идентификатор исследователя и автора). Регистрация на сайте <https://orcid.org/>

Принимается рукопись статьи, имеющая не более 5 авторов.

Структура статьи должна быть разбита на логично взаимосвязанные разделы с использованием следующих подзаголовков: «Введение», «Материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Заключение», «Список источников». Во введении в обязательном порядке указывается цель исследования, в заключении приводятся выводы.

В аннотации указывают существо проведенных автором научных исследований, выполненные автором работы и полученные результаты. Аннотация должна показывать научную новизну и практическую значимость проведенного исследования. Структура аннотации аналогична структуре статьи. *Рекомендуемый объем аннотации – от 200 до 250 слов. При подготовке аннотации необходимо соблюдать следующие правила:*

1) аннотация излагается тезисно, простыми короткими предложениями; при этом начинать каждое предложение рекомендуется с глагола в прошедшем времени (исследовано..., проведен анализ..., доказано..., обосновано... и т. д.);

2) при изложении аннотации нужно использовать простые речевые обороты, не усложнять и не загромождать текст сложными конструкциями; не приводить примеры;

3) аннотация не должна содержать дополнительную интерпретацию или критические замечания автора статьи; в ней также не должно быть информации, которой нет в статье;

4) в аннотации не следует приводить мнения ученых по научной проблеме, делать их аналитический обзор, давать ссылки на использованные источники;

5) необходимо избегать употребления личных местоимений (нами выполнено, мы доказали, на наш взгляд, мы полагаем и т. д.); следует выражаться обезличено;

6) в аннотации не допускается дословное повторение формулировок научной статьи, простое копирование ее положений;

7) в аннотации запрещается разрывать текст на абзацы, а также использовать иллюстрации, таблицы, формулы и сноски.

Текст научной статьи должен быть тщательно вычитан и отредактирован. При этом в процессе редакционно-издательской обработки в текст могут вноситься изменения лингвостилистического характера, а также изменения в части соответствия представления текста требованиям государственных стандартов.

Текст научной статьи набирается в текстовом редакторе с использованием формата листа А4. Размеры полей листа: верхнее, нижнее и правое – по 20 мм; левое – 25 мм. Используется шрифт Times New Roman с кеглем 14 пт (в отношении таблиц, рисунков размер шрифта может понижаться, но не ниже, чем 10 пт; формул – не ниже, чем 12 пт). Принимается полуторный междустрочный интервал (при подготовке таблиц, рисунков, формул допускается одинарный интервал). **Автоматическая расстановка переносов не устанавливается.**

До основного текста статьи приводят на языке текста статьи, а затем повторяют на английском языке (кроме УДК) следующую информацию:

- код УДК;
- через одну строку: *название статьи* (строчными буквами (с первой прописной), полужирным начертанием шрифта, с выравниванием по центру, без абзацного отступа);
- через одну строку: *имя, отчество (при наличии) и фамилия автора (полностью)*;
- на следующей строке – *полное наименование организации*, являющейся местом работы (учебы) автора, с указанием региона, города и страны; адреса электронной почты автора;
- в случае нескольких авторов статьи информация повторяется для каждого автора в отдельности; при этом, если все авторы статьи работают (обучаются) в одной организации, место работы (учебы) каждого автора отдельно не указывается;
- через одну строку – *Аннотация*;
- на следующей строке – *Ключевые слова*. Количество ключевых слов (словосочетаний) не должно быть меньше 5 и больше 10 слов (словосочетаний), отражающих предметную и терминологическую область статьи.

После ключевых слов – *Благодарности*, где приводят слова благодарности организациям, научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в проведении исследования, подготовке статьи, а также сведения о финансировании исследования, подготовки и публикации статьи.

При изложении текста статьи необходимо соблюдать правила:

1. В тексте статьи картинки и фотографии применяются только в случае необходимости, с учетом научной значимости изображения.
2. Рисунки, диаграммы, графики – не цветные. Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. В отдельных случаях, исходя из научной целесообразности, допускается включение цветного изображения.
3. Таблицы, формулы, диаграммы, блок-схемы приводить только в редактируемом формате. Не допускается вставка данных объектов в виде картинок, фотографий, сканированных изображений. Рекомендуется приложить к тексту статьи файлы, в которых содержатся соответствующие объекты, выполненные в программах *Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Visio*.
4. При размещении диаграммы следует подписывать оси, указывая соответствующие величины и их размерность; приводить легенду; а, по возможности, и подписи данных.
5. При создании математических формул допускается использовать «Редактор уравнений» *Microsoft Word*, либо специализированную программу *Math Type* не ниже седьмой версии. Не следует применять редактор формул *Microsoft Equation*.
6. В тексте допустимо использование только общепринятых сокращений, установленных правилами русского языка, и общеизвестных аббревиатур; в остальных случаях – автор обязательно должен давать расшифровку. Это же касается и обозначений, приводимых в формулах, блок-схемах.
7. Подписи к изображениям, рисункам, таблицам, графикам, диаграммам повторяются на английском языке.

При оформлении списка источников следует учитывать:

1. Список источников должен включать только те источники, которые были использованы при проведении исследования и подготовке статьи.
2. Список источников – не менее 10 и не более 20 источников, в том числе
 - не менее 50 % ссылок на публикации из периодических изданий – журналов за последние 5 лет;
 - не менее 30 % ссылок – на публикации из ядра РИНЦ;

– допускается не более 10 % ссылок старше 10 лет; ссылки на такие источники должны быть логически обоснованы;

– ссылки на материалы конференции – не более 3 лет после опубликования материалов;

– в числе источников должно быть не менее 20 % зарубежных публикаций.

3. В список источников **не включаются** неопубликованные работы, учебники и учебные пособия, тезисы материалов конференций, сведения о положительных решениях и заявках на получение патентов на изобретения и полезные модели, диссертации. При необходимости сослаться на результаты диссертационного исследования – в списке приводятся журнальные статьи, опубликованные по результатам исследования или автореферат диссертации.

4. Не рекомендуется ссылаться на издания, недоступные для большинства читателей и не имеющие авторства (ведомственные издания и инструкции, ГОСТ, СНИП, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и журналах, общепринятые методики, официальные сайты и т. д.). Ссылка на данные документы оформляется в тексте (закljučаются в круглые скобки) или оформляется подстрочными ссылками в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008.

5. При ссылке на нормативный документ обязательно указывать дату его принятия, номер и название нормативного акта.

6. *Список источников оформляют в соответствии с ГОСТ 7.0.5–2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».*

При этом нужно учесть, что в заголовке описания источника (перед названием) указываются все авторы. В случае, если авторов больше шест, то указывают первые шест авторов и далее ставится приписка и др. Менять очередность авторов в изданных источниках не допускается.

7. Список источников составляется в порядке упоминания в тексте. В тексте ссылки на цитируемую литературу приводятся в квадратных скобках в конце предложения перед точкой, с указанием порядкового номера ссылки и страницы, например: [2], [1, С. 15]. **При отсутствии ссылки в тексте, при редакционно-издательской обработке источник будет удален из списка.**

8. Библиографическое описание источника приводится на языке, на котором он опубликован.

9. Ссылки должны быть верифицированы, выходные данные проверены на официальном сайте журналов или издательств, в РИНЦ.

10. При наличии идентификатора статьи DOI и (или) EDN – он приводится в обязательном порядке в конце библиографического описания источника.

11. Ссылка на электронный ресурс должна отсылать читателя непосредственно на цитируемый источник, а не на страницу сайта, где он размещен.

12. Если журнал издается только в электронном виде – ссылка оформляется на электронный ресурс, с указанием даты обращения к источнику.

Информация об авторах статьи. По каждому автору статьи необходимо привести:

– фамилия, имя и отчество (при наличии) – полностью;

– ученую степень (при наличии);

– ученое звание (при наличии);

– для авторов, не имеющих ученой степени и ученого звания, указывается занимаемая должность (например, младший научный сотрудник, старший преподаватель и т. д.);

– если автором является обучающийся, указывается категория обучающегося (например, аспирант, студент магистратуры и т. д.);

– наименование организации, являющейся основным местом работы (учебы);

– адрес электронной почты.

Вклад авторов. Сведения о вкладе каждого автора, если статья имеет несколько авторов, приводят после «Информации об авторах». Кратко описывается личный вклад каждого автора (идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи и т. д.) либо указывается – все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов. Приводится информация о конфликте интересов либо его отсутствии. Автор обязан уведомить редакцию о реальном или потенциальном конфликте интересов. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом. Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

Обращаем внимание, что переводятся на английский язык: информация об авторах, аннотация, ключевые слова, благодарности, подписи к изображениям, рисункам, таблицам, графикам, диаграммам.

Электронная версия статьи передается по электронной почте на адрес издания:
dvagrovestnik@dalgau.ru

При наличии замечаний по научной статье, они направляются автору на указанный им адрес электронной почты. Автор обязуется ответить на замечания в течение пяти рабочих дней с даты получения письма или связаться с редакцией с просьбой продления срока. В противном случае автор несет риск неопубликования статьи в текущем номере издания.

РЕДАКЦИЯ:

Михайлов А. А. – редактор, ведущий специалист по редакционно-издательской подготовке Центра публикационной активности Дальневосточного ГАУ;

Сысоенко В. В. – переводчик, ст. преподаватель кафедры гуманитарных дисциплин Дальневосточного ГАУ;

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

Черных Е. И. – корректор

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