

ISSN 1999-6837 (Print)
ISSN 2077-9089 (Online)

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК

**FAR EASTERN AGRICULTURAL
JOURNAL**

**Том 19
Номер 2
2025**

- *Общее земледелие и растениеводство*
- *Селекция, семеноводство и биотехнология растений*
- *Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений*
- *Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология*
- *Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства*
- *Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса*
- *Пищевые системы*

Тихончук П. В., председатель редакционного совета, главный редактор, д-р с.-х. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск
Селихова О. А., заместитель главного редактора, канд. с.-х. наук, доцент, 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., Хейлунцзянская 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;
Хамагаева 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 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-rf.ru/cat/1/
edition/194054/](https://www.pressa-rf.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 № 1112
по состоянию на 02.06.2025)**

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>Ministry of Agriculture of the Russian Federation Far Eastern State Agrarian University</p> <p>FAR EASTERN AGRICULTURAL JOURNAL</p> <p>Scientific and Practical Journal</p> <p>Issued since 2007. Issued quarterly</p>	<p>Vol. 19. No. 2</p> <p>April – June 2025</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</p> <p>O. A. Selikhova, Deputy Editor-in-Chief, Cand. Agr. Sci., Associate Professor, Vice-rector for Scientific Work of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk</p> <p>O. F. Ovchinnikova, Executive Secretary, Senior Teacher of the Department of Agro-Industrial Complex Economics, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk</p> <p>Editorial Council:</p> <p>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;</p> <p>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;</p> <p>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;</p> <p>V. P. Druzyanova, Dr. Tech. Sci., Professor, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Yakutsk;</p> <p>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;</p> <p>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;</p> <p>A. E. Komin, Cand. Agr. Sci., Assistant Professor, Rector of the Primorsky State Agrarian and Technological University, Ussuriysk;</p> <p>Li Hongpeng, Dr. Agr. Sci., Senior Researcher, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, China;</p> <p>M. E. Ostyakova, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Director of the Far Eastern Areal Research Veterinary Institute, Blagoveshchensk;</p> <p>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;</p> <p>S. L. Tikhonov, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Food Engineering of Agricultural Production, Ural State Agrarian University, Yekaterinburg;</p> <p>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;</p> <p>Tianfu Han, PhD, Professor, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Institute of Crop Science, China;</p> <p>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</p> <p>Editorial Board:</p> <p>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;</p> <p>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;</p> <p>N. F. Klyuchnikova, Dr. Agr. Sci., Deputy Director of Research of the Far Eastern Research Institute of Agriculture, Vostochnoye, Khabarovsk krai;</p> <p>N. S. Kukhareenko, Dr. Veterinar. Sci., Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;</p> <p>T. V. Miller, Cand. Biol. Sci., Associate Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;</p> <p>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;</p> <p>E. I. Reshetnik, Dr. Tech. Sci., Professor, Head of the Department of Agricultural Processing Technology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;</p> <p>R. B. Temirayev, Dr. Agr. Sci., Professor, Head of the Department of Biology of the Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz;</p> <p>N. V. Trush, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Professor of the Department of Biology and Hunting of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;</p> <p>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;</p> <p>R. L. Sharvadze, Dr. Agr. Sci., Professor, Dean of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;</p> <p>S. A. Shishlov, Dr. Tech. Sci., Professor, Primorsky State Agrarian and Technological University, Ussuriysk;</p> <p>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 (Roskomnadzor) Registration record ПН № ФЧ 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/94054/</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 No. 13-6518 from 01.12.2015) (In the HAC List No. 1112 for June 02, 2025)</p> <p>Editorial office address: 86, Politeknicheskaya 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>Format 60x90/8. Edition 600 copies. Order 149. Signing date 20.06.2025. Publication date 30.06.2025. Free price. Far Eastern State Agrarian University: 86, Politeknicheskaya str., Blagoveshchensk, Amur Region, 675005 Printing house address: 86, Politeknicheskaya str., Bldg. 1, Aud. 117, Blagoveshchensk, Amur Region, 675005</p> <p>ISSN 1999-6837 (Print), 2077-9089 (Online)</p> <p>© Far Eastern State Agrarian University, 2025</p>	

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ.....	5
<i>Ерошенко Л. М., Ерошенко Н. А., Дедушев И. А., Новоселов В. А., Котов О. В.</i> Белковые маркеры в селекции адаптивных сортов ячменя селекции Федерального исследовательского центра «Немчиновка».....	5
<i>Живчиков А. И., Живчикова Р. И.</i> Результаты агроэкологического испытания интродуцированных сортов груши в условиях Приморья.....	16
<i>Кузьмин А. А.</i> Пяденицы (Lepidoptera, Geometridae) – вредители сельского и лесного хозяйства в Амурской области	29
<i>Платонова Т. П., Пакурина А. П.</i> Оценка полимерных материалов для использования в растениеводстве и ландшафтном дизайне.....	44
<i>Ткаченко К. Г., Тимченко Н. А., Юст Н. А., Щербакова О. Н.</i> Особенности латентного периода <i>Prinsepia sinensis</i> (Oliv.) Hallier.....	52
ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ	63
<i>Овчинников А. А., Мокин А. С.</i> Особенности обмена энергии в организме цыплят-бройлеров при использовании в рационе фитопребиотической добавки.....	63
<i>Степура Е. Е., Федоров В. И.</i> Электрофизиологические показатели вариационной пульсометрии якутского аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия) 72	
<i>Хлебус Н. К.</i> Биохимическая диагностика гепатодистрофии свиноматок в период супоросности.....	83
<i>Шарвадзе Р. Л., Согорин С. А., Гайдукова Е. М., Жилина А. В., Камышенцев С. Г.</i> Молочная продуктивность и репродуктивность первотелок голштинской породы воронежской и амурской селекций в сравнительном аспекте.....	96
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	105
<i>Абидуев А. А., Трофимова В. С., Тогмидон А. Ю., Тушкаев Е. В., Абидуев А. А.</i> Очистка семенного зерна ячменя от семян сорных растений	105
<i>Едисеев О. С., Друзянова В. П.</i> Технология переработки свиного эффлюента с получением нового продукта в виде структурирующей добавки асфальтобетона	115
<i>Татарникова П. А., Друзянова В. П., Петров Н. В.</i> Математическая модель расхода топлива при доставке грубых кормов в арктические районы Республики Саха (Якутия)....	126
<i>Таханов М. П., Петров Н. В.</i> Лабораторная установка для проведения экспериментов по анаэробному метановому сбраживанию	134
<i>Тупсина Н. Н., Демиденко Г. А.</i> Применение полуфабриката – начинки с кедровым порошком для булочных изделий: разработка рецептуры и технология получения.....	142
<i>Тихонов С. Л., Тихонова Н. В.</i> Влияние микрокапсулирования биопептида на его стабильность в модели желудочно-кишечного тракта в эксперименте <i>in vitro</i>	155
ЮБИЛЕЙ УЧЕНОГО	162
<i>Павел Викторович Тихончук</i> – ректор, ученый, лидер.....	162
<i>Сергей Васильевич Щитов</i> – ученый, педагог, наставник.....	164
ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК».....	166

CONTENTS

AGRONOMY.....	5
<i>Eroshenko L. M., Eroshenko N. A., Dedushev I. A., Novosyolov V. A., Kotov O. V.</i> Protein markers in the selection of adaptive barley varieties bred by the Federal Research Center "Nemchinovka".....	5
<i>Zhivchikov A. I., Zhivchikova R. I.</i> Results of agroecological testing of introduced pear varieties in Primorye.....	16
<i>Kuzmin A. A.</i> Geometrid moths (Lepidoptera, Geometridae) are pests of agriculture and forestry in Amur region.....	29
<i>Platonova T. P., Pakusina A. P.</i> Evaluation of polymer materials for crop production and landscape design.....	44
<i>Tkachenko K. G., Timchenko N. A., Yust N. A., Shcherbakova O. N.</i> Characteristics of the latent period of <i>Prinsepia sinensis</i> (Oliv.) Hallier.....	52
ANIMAL BREEDING AND VETERINARY	63
<i>Ovchinnikov A. A., Mokin A. S.</i> Energy metabolism features of broiler chickens when using a phytoprebiotic supplement in the diet.....	63
<i>Stepura E. E., Fedorov V. I.</i> Electrophysiological indicators of variation pulsometry of Yakut aboriginal cattle of the Republic of Sakha (Yakutia)	72
<i>Khlebus N. K.</i> Biochemical diagnostics of hepatodystrophy in sows during gestation.....	83
<i>Sharvadze R. L., Sogorin S. A., Gaidukova E. M., Zhilina A. V., Kamyshentsev S. G.</i> Milk productivity and reproductive performance of first-calf Holstein heifers of Voronezh and Amur breeds: a comparative aspect	96
AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES	105
<i>Abiduev A. A., Trofimova V. S., Togmidon A. Yu., Tushkaev E. V., Abiduev A. A.</i> Cleaning of barley grain from weed seeds	105
<i>Ediseev O. S., Druzyanova V. P.</i> Technology for processing pig effluent to create a new structuring additive for asphalt concrete.....	115
<i>Tatarnikova P. A., Druzyanova V. P., Petrov N. V.</i> Mathematical model for calculation fuel consumption during the delivery of roughage to the Arctic regions of the Republic of Sakha (Yakutia)	126
<i>Takhanov M. P., Petrov N. V.</i> Laboratory setup for conducting experiments on anaerobic methane fermentation.....	134
<i>Tipsina N. N., Demidenko G. A.</i> Application of semi-finished cedar powder filling for bakery products: formulation development and production technology	142
<i>Tikhonov S. L., Tikhonova N. V.</i> Effect of microencapsulated biopeptide on its stability in gastrointestinal tract model in <i>in-vitro</i> studies.....	155
ANNIVERSARY OF THE SCIENTIST.....	162
<i>Pavel Viktorovich Tikhonchuk</i> is a rector, scientist, leader	162
<i>Sergey Vasilyevich Shchitov</i> is a scientist, teacher, mentor	164
THE REQUIREMENTS APPLIED TO THE ARTICLES BEING PUBLISHED IN THE FAR EASTERN AGRARIAN HERALD	166

АГРОНОМИЯ

AGRONOMY

Научная статья

УДК 633.16:631.527

EDN GLCPJG

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-5-15>**Белковые маркеры в селекции адаптивных сортов ячменя
селекции Федерального исследовательского центра «Немчиновка»****Любовь Михайловна Ерошенко¹, Николай Анатольевич Ерошенко²,
Иван Александрович Дедушев³, Виктор Алексеевич Новоселов⁴,
Олег Викторович Котов⁵**^{1, 2, 3, 4, 5} Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

Московская область, Одинцово, Россия

¹ eroshenko.lm@yandex.ru, ² eroshenko.lm@yandex.ru, ³ dedushev_95@mail.ru,⁴ vitya.novosyolov@mail.ru, ⁵ oleg79002230821@yandex.ru

Аннотация. Исследование проводили с целью изучения генетического разнообразия ярового ячменя селекции Федерального исследовательского центра «Немчиновка» по показателям адаптивности с использованием белковых маркерных систем, в качестве которых применялись электрофоретические спектры гордеина. Изучение полиморфизма гордеин-кодирующих локусов позволило выявить 9 вариантов блоков компонентов, контролируемых аллелями локуса *Hrd A*; 10 вариантов – аллелями локуса *Hrd B* и 3 варианта – аллелями локуса *Hrd F*. По частоте встречаемости доминировали аллели *Hrd A2* (44,2 %), *Hrd A23* (23,2 %), *Hrd B8* (29,3 %), *Hrd B25* (24,4 %), *Hrd F1* (35,0 %), *Hrd F2* (45,0 %), а в селекции на повышение адаптивного потенциала имели преимущество варианты *Hrd A4*, *Hrd B45*, *Hrd B164*, *Hrd F3*. В результате анализа электрофоретических спектров гордеинов *Hrd ABF* установлено, что основное направление отбора высокоадаптивных форм в экологических условиях Центрального Нечерноземья, с различной частотой встречаемости в сортообразцах ячменя, происходило в сторону вариантов формул 2.25.1, 23.19.1, 23.8.2, 2.8.2, 18.8.2, 2.45.2, 23.164.3, 2.45.3, 4.164.3. Отмечено 10 групп с идентичными спектрами гордеина. Наиболее распространенный тип спектра имел формулу гордеина 2.25.1. Выявлены варианты формул 2.45.2, 2.45.3, 23.164.3, 4.164.3, сопряженные с высоким уровнем урожайности генотипов. Учитывая адаптивный характер полиморфизма гордеинов, использование белковых маркеров сортов, превысивших показатель продуктивности стандартного сорта Надежный на 4,22–6,25 %, позволит значительно ускорить селекционную работу по выведению новых сортов ячменя.

Ключевые слова: ячмень яровой, сорта, полиморфизм гордеинов, белковые маркеры, адаптивность

Для цитирования: Ерошенко Л. М., Ерошенко Н. А., Дедушев И. А., Новоселов В. А., Котов О. В. Белковые маркеры в селекции адаптивных сортов ячменя селекции Федерального исследовательского центра «Немчиновка» // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 5–15. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-5-15>.

Original article

**Protein markers in the selection of adaptive barley varieties
bred by the Federal Research Center "Nemchinovka"****Lyubov M. Eroshenko¹, Nikolay A. Eroshenko², Ivan A. Dedushev³,
Victor A. Novosyolov⁴, Oleg V. Kotov⁵**^{1, 2, 3, 4, 5} Federal Research Center "Nemchinovka", Moscow region, Odintsovo, Russian Federation

¹ eroshenko.lm@yandex.ru, ² eroshenko.lm@yandex.ru, ³ dedushev_95@mail.ru,
⁴ vitya.novosyolov@mail.ru, ⁵ oleg79002230821@yandex.ru

Abstract. The genetic diversity of spring barley was studied according to adaptability indicators using protein marker systems, for which electrophoretic spectra of hordein were applied. Spring barley was bred at Federal Research Center "Nemchinovka". The study of the polymorphism of hordein-coding loci made it possible to identify 9 variants of component blocks controlled by alleles of the *Hrd A* locus; 10 variants controlled by alleles of the *Hrd B* locus, and 3 variants controlled by alleles of the *Hrd F* locus. According to the occurrence frequency the following alleles were dominant: *Hrd A2* (44,2%), *Hrd A23* (23,2%), *Hrd B8* (29,3%), *Hrd B25* (24,4%), *Hrd F1* (35,0%), *Hrd F2* (45,0%). Variants *Hrd A4*, *Hrd B45*, *Hrd B164*, *Hrd F3* were found to be the most suitable for future adaptation potential's increase. Based to the results of the analysis of electrophoretic profiles of *Hrd ABF* hordeins, the main tendency of selection of highly adaptive forms in the ecological conditions of the Central Non-Black Earth region, with variable occurrence stability in barley varieties, was stated for the variants of formulas 2.25.1, 23.19.1, 23.8.2, 2.8.2, 18.8.2, 2.45.2, 23.164.3, 2.45.3, 4.164.3. Ten groups with identical hordein profiles were marked. The most common registered hordein profile was demonstrated by a formula of hordein 2.25.1. Formula types matched with high level of crops' yield (e. g. 2.45.2, 2.45.3, 23.164.3, 4.164.3) were discovered. Considering the adaptive pattern of hordein polymorphism, an acceleration of creating the new barley kinds by using electrophoresis hordein profiles is proved. Nadyozhnyi spring barley kind was used as a source material, demonstrating the crops' productivity index increase by 4,22–6,25%.

Keywords: spring barley, varieties, hordein polymorphism, hordein markers, adaptivity

For citation: Eroshenko L. M., Eroshenko N. A., Dedushev I. A., Novosyolov V. A., Kotoch O. V. Protein markers in the selection of adaptive barley varieties bred by the Federal Research Center "Nemchinovka". *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:5–15 (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-2-5-15>.

Введение. Ячмень, являясь древнейшей культурой, занимает одно из ведущих мест в мировом производстве зерна, уступая по валовому сбору и посевным площадям только рису, пшенице и кукурузе, что обусловило его использование в пищевой, кормовой и пивоваренной промышленности. Особенностью развития селекции данной культуры на современном этапе считается создание высокопродуктивных с повышенной адаптивной способностью сортов ярового ячменя, способных обеспечивать конкурентное преимущество в производстве. Разработка и исполнение селекционных программ по принципам адаптивной селекции дает возможность создавать сорта ячменя для конкретного региона, включая вариabельность погоднo-климатических условий и действия лимитирующих факторов среды [1, 2].

Важнейшим критерием адаптивности отбираемых генотипов в селекционном процессе при этом является способность стабильно формировать более высокую относительно эталонных сортов урожайность при достаточном разнообразии погодных и почвенно-климатических условий возделывания [3]. Именно поэто-

му для целенаправленного, своевременного и качественного решения важнейших селекционных задач необходимы эффективные инновационные методы, обеспечивающие их решение наиболее оптимальным образом.

При создании новых сортов, наряду с традиционными способами селекции, эффективными методами оценки хозяйственно-ценных признаков селекционного материала являются биотехнологические, среди которых большое значение имеет применение системы генетических маркеров, в качестве которых часто выступают запасные спирторастворимые белки зерновки – проламины. Спирторастворимые белки зерна ячменя – гордеины характеризуются уникальным разнообразием и по своей информативности не уступают генетическим молекулярным маркерам [4–6].

Современный биохимический метод электрофоретического анализа запасных белков зерен ячменя дает возможность в лабораторных условиях осуществлять сортовую идентификацию и широко используется в селекционных программах для отбора определенных генотипов [7, 8].

Известно, что аллельные варианты блоков компонентов проламинов имеют жестко детерминированные связи с адаптивными свойствами генотипов, а также маркируют важные хозяйственные признаки, что позволяет выделять ценные ассоциации генов и использовать их в селекции для выявления перспективных форм, сочетающих высокую урожайность и устойчивость к факторам окружающей среды [9, 10]. При этом спектры генетически близких сортов могут быть одинаковыми, что по всему является либо следствием общности происхождения сортов, или же экологического фактора формирования адаптивного морфотипа [11].

Изучение генетического разнообразия номеров экологического сортоиспытания по белковым маркерам позволяет выделить часто встречающиеся аллели, преобладающие и уникальные варианты генетических формул особо ценных генотипов, что может служить дополнительным критерием оценки селекционной ценности различных форм ячменя при отборе на повышение адаптивного потенциала сортов [8, 12].

Цель работы – изучение генетического разнообразия номеров конкурсного сортоиспытания селекции Федерального исследовательского центра «Немчиновка» по белковым маркерам с целью использования этих сведений в селекции адаптивных форм ячменя.

Материалы и методы исследований. Исходным материалом для исследований послужили 18 сортов и 22 селекционные линии ярового ячменя селекции Федерального исследовательского центра (ФИЦ) «Немчиновка».

С целью определения их адаптивного потенциала было проведено экологическое испытание номеров конкурсного сортоиспытания в двух пунктах, находящихся в различных почвенно-климатических условиях: ФИЦ «Немчиновка» (Московская область); Институт семеноводства и агротехнологий (филиал Федерального научного агроинженерного центра ВИМ) (Рязанская область).

Погодные условия в годы исследований (2021–2023 гг.) были различными по температурному режиму и количеству выпавших осадков. К умеренно благоприятному по влагообеспеченности отнесен

2023 г. Засушливым режимом в течение всего периода вегетации характеризовались 2021, 2022 гг.

Электрофорез гордеинов (*Hrd*) выполнен в 13-процентном крахмальном геле в присутствии 3 М мочевины в алюминий-лактатном буфере с pH 3,1 по методике, утвержденной Научно-техническим советом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследуемый материал представлен 36-ю гомогенными и 4-мя гетерогенными по одному или двум блокам гордеинов *Hrd A*, *Hrd B* и *Hrd F* селекционными образцами ярового ячменя.

В результате проведенного электрофоретического анализа гордеина в крахмальном геле у исследованных гомогенных селекционных форм было выявлено восемь вариантов блоков компонентов, контролируемых аллелями локуса *Hrd A* (*A2*, *A4*, *A12*, *A18*, *A21*, *A23*, *A28*, *A126*); десять вариантов – аллелями локуса *Hrd B* (*B1*, *B6*, *B8*, *B19*, *B2*, *B25*, *B45*, *B67*, *B164*, *B129*) и три варианта – аллелями локуса *Hrd F* (*F1*, *F2*, *F3*). В локусах гетерогенных номеров конкурсного сортоиспытания зафиксированы варианты блоков компонентов *Hrd A* (*A2*, *A18*, *A21*, *A32*), *Hrd B* (*B6*, *B8*, *B25*, *B32*), *Hrd F* (*F1*, *F2*, *F3*).

Современный сортимент ярового ячменя различных регионов России различается разнообразием по вариантам блока *Hrd A*, который, по мнению А. А. Новиковой, обеспечивает экологическую составляющую устойчивости к конкретным почвенно-климатическим условиям возделывания [13]. Исследования полиморфизма запасных белков с помощью электрофореза показали, что среди перспективных форм ярового ячменя селекции Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства по блоку *Hrd A* наиболее часто встречались аллели *A2*, *A12*, *A18*, *A23* [10, 14].

В результате идентификации аллелей локуса *Hrd A* было установлено, что доминирующим аллелем в сортообразцах конкурсного сортоиспытания селекции ФИЦ «Немчиновка» был также вариант *A2*, который был обнаружен в спектрах 46,5 % номеров. На втором месте по распространенности был аллель *A23* (23,2 %). Частота встречаемости других аллелей

этого локуса находилась в пределах от 2,3 до 9,3 % (табл. 1).

Сопоставление результатов оценки данных урожайности селекционных номеров, различающихся по вариантам блоков компонентов, с показателями адаптивной способности сорта Надежный, являющегося стандартом в различных областях Центрального федерального округа России, позволило оценить адаптивную и селекционную значимость аллелей гордеинов для агроэкологических условий данного региона (табл. 2).

Сравнительный анализ обнаруженных аллелей локуса *Hrd A* выявил вариант *A4*, сортообразцы которого имели преимущество над стандартом по среднесортному значению урожайности (7,23 против 6,87 т/га), определяющему общую адаптивную способность; среднесортным величинам продуктивности в благоприятных (8,67 против 8,23 т/га) и лимитированных (5,43 против 5,39 т/га) условиях, а также по показателю уровня стабильности сорта (104,13 %) относительно стандарта, учитывающего величину и стабильность урожайности.

Благодаря включению широко известного сорта более ранней селекции Эльф, а также сортов западноевропейской селекции Kangoo, Alicia, обладающих аллелями *Hrd B45* и *Hrd B164*, в родословную создаваемых селекционных форм, в современных экологических условиях

Центрального региона Нечерноземной зоны определились две группы сортообразцов, характеризующиеся высокими значениями адаптивной способности. Среднесортные значения показателей номеров конкурсного испытания выделенных групп с селекционно-ценными аллельными вариантами *Hrd B45* и *Hrd B164* превосходили показатель уровня стабильности стандартного сорта Надежный на 2,86–3,42 %; параметр среднего значения урожайности – на 1,46–2,76 %; минимальную урожайность – на 0,56–1,11 %, максимальную урожайность – на 0,44–0,73 %.

Нельзя не отметить, что сортообразцы с вариантами *F1* и *F2*, встречающиеся с высокой частотой в спектрах гордеинов номеров конкурсного испытания, характеризовались сравнительно низкими значениями среднесортных величин урожайности в благоприятных условиях, и, судя по показателю уровня стабильности сорта (81,27–83,7 %) были неустойчивы к неблагоприятным факторам среды.

Наряду с этим, в условиях региона отбор сортов и перспективных линий, согласно оценкам показателей среднесортной урожайности, особенно благоприятствовал генотипам с аллелем *Hrd F3*, который обеспечил селекционным номерам лучшую адаптивность в экологическом сортоиспытании. Таким образом, в селекции на повышение адаптивного потенциала обозначилась перспектива наличия

Таблица 1 – Встречаемость аллелей локусов гордеинов *Hrd A*, *Hrd B*, *Hrd F* в селекционных номерах конкурсного сортоиспытания

Table 1 – Frequency of alleles of hordein loci *Hrd A*, *Hrd B*, *Hrd F* in selection numbers of competitive variety testing

<i>Hrd A</i>	Количество, шт.	Процент	<i>Hrd B</i>	Количество, шт.	Процент	<i>Hrd F</i>	Количество, шт.	Процент
<i>A2</i>	19	44,2	<i>B1</i>	1	2,4	<i>F1</i>	14	35,0
<i>A4</i>	2	4,7	<i>B6</i>	3	7,3	<i>F2</i>	18	45,0
<i>A12</i>	1	4,7	<i>B8</i>	12	29,3	<i>F3</i>	8	20,0
<i>A18</i>	4	9,3	<i>B19</i>	4	9,8	–	–	–
<i>A21</i>	4	9,3	<i>B21</i>	1	2,4	–	–	–
<i>A23</i>	10	23,2	<i>B25</i>	10	24,4	–	–	–
<i>A28</i>	1	2,3	<i>B45</i>	4	9,8	–	–	–
<i>A32</i>	1	2,3	<i>B67</i>	1	2,4	–	–	–
<i>A126</i>	1	2,3	<i>B164</i>	4	9,8	–	–	–
–	–	–	<i>B209</i>	1	2,4	–	–	–

Таблица 2 – Параметры адаптивности урожайности сортов и селекционных линий ярового ячменя, различающихся по аллелям локусов *Hrd A*, *Hrd B*, *Hrd F* (2021–2023 гг.)Table 2 – Adaptability parameters of yield of varieties and breeding lines of spring barley, differing in alleles of loci *Hrd A*, *Hrd B*, *Hrd F* (2021–2023)

Варианты аллелей	Урожайность, т/га			Показатели адаптивности	
	средняя	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>Cv</i> , %	ПУСС, %
Надежный, стандарт	6,87	5,39	8,23	14,97	100,00
<i>Hrd A2</i>	6,56	5,18	7,83	15,06	90,79
<i>Hrd A4</i>	7,23	5,43	8,67	15,94	104,13
<i>Hrd A12</i>	6,26	5,05	7,65	18,00	69,21
<i>Hrd A18</i>	6,54	4,96	7,86	15,58	86,98
<i>Hrd A21</i>	5,77	4,90	6,67	13,32	79,36
<i>Hrd A23</i>	6,63	5,19	8,18	15,45	90,16
<i>Hrd A28</i>	6,23	5,04	8,15	19,19	64,13
<i>Hrd A126</i>	6,43	4,74	7,45	17,78	73,65
<i>Hrd B1</i>	6,90	5,47	8,16	14,65	91,11
<i>Hrd B6</i>	5,76	4,55	6,50	13,12	80,32
<i>Hrd B8</i>	6,42	4,94	7,67	15,92	82,22
<i>Hrd B19</i>	6,54	5,20	7,91	14,63	92,70
<i>Hrd B21</i>	6,26	5,05	7,65	17,99	69,21
<i>Hrd B25</i>	6,39	4,98	7,89	16,34	76,36
<i>Hrd B45</i>	6,97	5,42	8,29	14,57	102,86
<i>Hrd B67</i>	6,36	4,32	7,46	20,13	63,81
<i>Hrd B164</i>	7,06	5,45	8,76	15,30	103,42
<i>Hrd B209</i>	6,77	5,92	8,01	11,45	126,98
<i>Hrd F1</i>	6,36	4,73	7,14	15,78	81,27
<i>Hrd F2</i>	6,46	4,51	7,67	15,90	83,17
<i>Hrd F3</i>	6,88	5,16	8,38	15,78	95,23
НСР ₀₅	0,33	—	—	—	—
Примечания: <i>Cv</i> – коэффициент вариации; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта.					

в селекционных формах в условиях Центрального региона Нечерноземной зоны аллелей *A4* локуса *Hrd A*; *B45*, *B164* локуса *Hrd B* и *F3* локуса *Hrd F*.

Разнообразие в общей выборке гомогенных селекционных номеров различных периодов и направлений селекции включало 18 вариантов формул *Hrd ABF*. Шесть образцов этого набора характеризовались вариантами 2.25.1; четыре образца имели генетическую формулу гордеина 23.8.2; две группы в своем составе включали по три номера с идентичными электрофореграммами гордеина 2.8.2 и 21.25.1; шесть групп имели по два образ-

ца с одинаковыми генетическими формулами гордеина 2.45.2, 2.6.2, 4.164.3, 18.8.2, 23.19.1, 23.164.3. Формулы 2.19.1, 2.45.3, 2.209.2, 12.21.1, 18.67.3, 23.1.3, 28.19.3, 126.8.2, встретившиеся в наборе изучаемых селекционных номеров однократно, принадлежали в основном к новейшим селекционным формам. Образцы, характеризующиеся гетерогенностью, имели биотипы с формулами 32.45.3, 21.8.2, 2.25.1, 18.25.1, 23.6.2 (табл. 3).

Группа образцов, наделенная формулой 2.25.1, включала гомогенные сорта и линии Нур, Любояр, Зоран, 119/9-16 h 283, 119/11-17 h 283, 85/3-16 1149, а также гете-

Таблица 3 – Оценка сортов и перспективных линий в экологическом сортоиспытании (2021–2023 гг.)**Table 3 – The estimation of varieties and promising lines in ecological variety testing (2021–2023)**

Сорт, линия	Формула <i>Hrd ABF</i>	Урожайность, т/га		
		средняя	<i>min</i>	<i>max</i>
Знатный (10/3-09 h 597(Яромир × Ханаду)	2.8.2	6,56	4,89	8,16
31/3-19 h 1433(Бикам × 60/2-09 h 714)	2.8.2	6,58	4,83	8,28
Сударь	2.8.2	6,04	3,81	7,53
Нур (Верас × Московский 3)	2.25.1	6,20	4,69	7,70
Златояр (Нур × Якобинец)	2.25.1	6,19	5,01	8,07
Любояр (Нур × 20/5-05 h 62)	2.25.1	6,66	5,05	8,24
Зоран (Нур × Якобинец)	2.25.1	6,86	5,11	8,10
85/3-16 h1149 (Quench × 112/3-02 h 2362 (Нур × МИК 1)	2.25.1	6,60	5,16	8,11
119/9-16 h 283 (Нур × Якобинец)	2.25.1	6,63	5,09	7,90
119/11-17 h 283 (Нур × Якобинец)	2.25.1	6,66	4,89	7,9 4
Надежный (Annabelle × Эльф)	2.45.2	6,87	5,39	8,23
61/1-18 h 1340 (Добрый × Надежный)	2.45.2	7,30	5,58	8,13
Эрудит (Kristaps × Надежный)	2.45.3	7,18	5,47	8,26
Милан (Маентак × Надежный)	18.8.2	6,62	5,18	8,01
Белозар (Маентак × Зазерский 85)	18.8.2	6,63	5,33	8,06
94/1-17 h 1359 (Stratus × 140/6-09 h 745)	23.8.2.	6,49	5,17	7,85
89/5-19 h 1413 (Бикам × Знатный)	23.8.2	6,58	5,39	7,97
ДГС 136 (Taiga × 23 h 343(Кредит × ДГС 1421)	23.8.2	6,03	5,03	8,05
Nord (к-31402)	23.8.2	6,30	5,15	7,22
Рафаэль (Ханаду × Московский 121 × Highproly)	23.19.1	6,73	5,11	8,07
60/3-16 h 1176(Kangoo × 27/2-09 h 648)	23.19.1	6,62	5,03	8,02
88/3-16 h 1156 (Kangoo × 51/2-07 h 354)	23.164.3	6,96	5,22	10,03
58/4-15 h1156 (Kangoo × 51/2-07 h 354)	23.164.3	6,81	5,29	8,16
Добродей (Alicia × Надежный)	4.164.3	7,16	5,41	8,08
72/1-19 h 1324 (Kangoo × Надежный)	4.164.3	7,30	5,88	8,76
НСР ₀₅	–	0,39	–	–

рогенный по гордеин-кодирующему локусу *Hrd A* сорт Златояр.

Заслуживает внимание тот факт, что наличие формулы гордеина 2.25.1 было часто связано с повышенной продуктивностью и содержанием белка в зерне красноярских селекционных линий, созданных по программе адаптивной селекции [14]. Среди сортов ФИЦ «Немчиновка» такая формула впервые была обнаружена у сорта Нур, включенного по занимаемым в производстве площадям в рейтинг 10 сортов лидеров ярового ячменя. Важно под-

черкнуть, что именно с участием этого сорта были созданы другие высокопродуктивные сорта и селекционные линии этой группы, в основном зернофуражного направления, и три из них были отобраны из одной комбинации скрещивания.

По величине средней урожайности (6,86 т/га), полученной в экологическом испытании, выделен сорт Зоран, переданный на государственное испытание, а по потенциалу продуктивности (8,24 т/га), определенному в благоприятных условиях, – сорт Любояр, районированный по Северо-За-

падному, Центральному и Волго-Вятскому регионам. Повышенной устойчивостью к неблагоприятным условиям среды, согласно значениям минимальной урожайности (5,16 т/га), обладала перспективная линия 85/3-16 1149.

Вторая по численности группа сортообразцов с формулой 23.8.2, состоящая из четырех номеров, в том числе селекционных линий 94/1-17 h 1359, 89/5-19 h 1413, ДГС h 136 и коллекционного образца немецкой селекции (к-31402) под названием Nord, характеризовалась относительно невысоким среднесортным уровнем урожайности (6,35 т/га).

Следует добавить, что идентичная формула гордеина по данным Института общей генетики имени Н. И. Вавилова наблюдалась у сорта свердловской селекции Бином и белорусского сорта Атаман, а также отождествляла генотипы германских и французских сортов Beatrix, Pasadena, Avalon [15].

Превысив значения показателей урожайности образца Nord на 0,24–0,75 т/га, в контрастных погодных условиях экологического сортоиспытания в этой группе лидировала перспективная селекционная линия 89/5-19 h 1413, полученная от скрещивания отечественных сортов Бикам и Знатный. В этой связи можно отметить, что комбинация аллелей с формулой гордеина 23.8.2 также перспективна в селекции высокоадаптивных форм.

Сорта более ранних периодов районирования и различных направлений использования (Раушан, Владимир, Московский 86), характеризующиеся генетической формулой гордеина 21.25.1, благодаря высокой засухоустойчивости обладали способностью формировать стабильные урожаи в различных условиях возделывания. Заслуживает внимание и тот факт, что в экстремальных условиях засухи указанные сорта имеют преимущество над другими генотипами, и до сих пор занимают доминирующее положение в производстве.

Определена группа образцов с одинаковыми спектрами гордеина 2.8.2, которая включала сорта Сударь, Знатный и линию 31/3-19 h 1433. Похожая формула гордеина была отмечена у сортов, районированных во многих регионах Российской Федерации, в различные годы зани-

мавших существенные посевные площади в производстве. К числу таких генотипов относятся сорта Дальневосточного (Амур, Приморский, Русь), Сибирского (Абалак, Сигнал, Омский голозерный 2), Уральского (Сонет, Челябинский 1, Челябинский 99) федеральных округов. Она также зафиксирована у сортов Самарской (Агат, Батик), Белгородской (Осколец) и Кировской (Джин) областей. Относительно высокая встречаемость идентичных аллельных комбинаций указывает на адаптивную направленность отбора таких генотипов [9, 11].

В почвенно-климатических условиях Московской и Рязанской областей это подтверждено высокой экологической значимостью выделенного районированного сорта Знатный и перспективной линии 31/3-19 h 1433.

Наиболее близкими к оптимальной модели адаптивного сорта для центра Нечерноземья были группы сортообразцов, зарегистрированные по двум одинаковым формулам гордеина 2.45.2, 4.164.3, 18.8.2, 23.19.1, 23.164.3. Это районированные сорта Надежный, Рафаэль, Милан, Белозар, перспективные линии 61/1-18 h 1340, 60/3-16 h 1176, 88/3-16 h 1156, 58/4-15 h 1156, 72/1-19 h 1324. При этом наилучшая способность эффективно использовать биоклиматический потенциал региона выявлена у сорта Добродей и селекционных линий 61/1-18 h 1340, 88/3-16 h 1156, 72/1-19 h 1324, которые характеризовались формулами 2.45.2, 4.164.3, 23.164.3. В благоприятных условиях высокая прибавка урожайности (0,53–1,80 т/га) по отношению к стандарту отмечена у линий 88/3-16 h 1156 и 72/1-19 h 1324. А возможность обеспечивать максимальный средний урожай во всей совокупности сред и минимально снижать продуктивность в худших условиях возделывания зафиксирована у сорта Добродей и селекционных линий 61/1-18 h 1340, 72/1-19 h 1324, превысивших показатели стандарта соответственно на 0,29–0,43 и 0,19–0,49 т/га.

Приведенные данные урожайности экологического сортоиспытания показали, что среди уникальных генотипов по гордеин-кодирующим локусам высокой селекционной ценностью характеризовался новый сорт пивоваренного ячменя Эрудит с формулой гордеина 2.45.3. Наиболее

удачная комбинация вариантов блоков компонентов, сопряженных с показателями адаптивности в сравнении с сортом Надежный с формулой 2.45.2, обусловила его преимущество над стандартом по среднему значению урожайности на 7,13 %.

Заключение. В результате электрофоретического анализа гордеина номеров конкурсного сортоиспытания установлен высокий уровень межсортового полиморфизма по локусам *Hrd A*, *Hrd B*, *Hrd F*.

Идентификация вариантов блоков компонентов этих локусов выявила часто встречающиеся аллели в каждом локусе.

Оценка параметров адаптивности урожайности сортов и селекционных линий ярового ячменя, различающихся по аллелям локусов, свидетельствовала в пользу адаптивного преимущества вариантов аллелей *A2*, *A4*, *A23* локуса *Hrd A*;

B45, *B16*, *B8*, *B25* локуса *Hrd B*, а также *F3* локуса *Hrd F*.

Обнаруженная высокая частота встречаемости образцов с совпадающими спектрами проламинов во многом обусловлена адаптивным характером распределения аллелей гордеин-кодирующих локусов в различных почвенно-климатических условиях региона.

Сравнительный анализ данных урожайности селекционных номеров с показателями адаптивной способности стандартного сорта Надежный выделил новейшие сорта Эрудит, Добродей, а также линии 61/1-18 h 1340, 88/3-16 h 1156, 72/1-19 h 1324. Особо ценные варианты формул гордеинов 2.45.2, 2.45.3, 23.164.3, 4.164.3 этих генотипов могут стать ориентирами при отборе селекционных форм с высоким адаптационным потенциалом.

Список источников

1. Баган А. В., Барат Ю. М. Экологическая пластичность сортов ярового ячменя по урожайности и качеству // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4. С. 56–59. EDN OTCMOC.
2. Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Ерошенко А. Н., Ерошенко Н. А., Дедушев И. А., Ромахина В. В. [и др.]. Ретроспективный анализ адаптивных свойств сортов ячменя селекции ФИЦ «Немчиновка» // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22 (4). С. 485–494. EDN SNHYUF.
3. Филиппов Е. Г., Брагин Р. Н., Донцов Д. П. Анализ показателей адаптивности сортов и линий ярового ячменя в экологическом сортоиспытании // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 4 (32). С. 222–231. EDN WFQBII.
4. Богданов В. В., Чуслин А. А., Онуфриенок Т. В. Динамика изменения генетического состава гордеинов ярового ячменя красноярской селекции // Аграрный научный журнал. 2021. № 1. С. 12–16. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i1lpp12-16>. EDN DFAZZQ.
5. Dakir El-H., Ruiz M.-L., Garcia P., de la Vega P. Genetic variability evaluation in Moroccan collection of barley, *Hordeum vulgare* L., by means of storage proteins and RAPDs // Genetic Resources and Crop Evolution. 2002. Vol. 49. P. 619–631. <https://doi.org/10.1023/A:1021228730714>.
6. Cai G., You L., Li X., Wu D., Lu J. Cultivar discrimination/segregation of representative Australian malting barley by quantitative real-time PCR using seed hordein marker // Journal of the Institute of Brewing. 2016. Vol. 122. No. 4. P. 705–705. <https://doi.org/10.1002/jib.367>.
7. Клименков Ф. И., Градсков С. М., Клименкова И. Н., Кузьмина Н. П., Ворончихин В. В. Использование метода электрофореза в практике испытательных лабораторий в области семеноводства сельскохозяйственных культур // Вестник аграрной науки. 2021. № 6 (93). С. 73–78. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.6.73>. EDN RJXJLP.
8. Поморцев А. А., Лялина Е. В., Терешенко Н. А., Болдырев С. В., Яковлева Е. Ю., Березкин А. Н. [и др.]. Генетические маркеры в лабораторном сортовом контроле ячменя // Генетика. 2021. Т. 57. № 9. С. 1054–1061. <https://doi.org/10.31857/S0016675821090101>.
9. Любимова А. В., Еремин Д. И. Анализ закономерностей распределения аллелей авенин-кодирующих локусов у сортов овса посевного отечественной селекции // Вестник

Красноярского государственного аграрного университета. 2019. № 11 (152) С. 30–38. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2019-11-30-38>. EDN QLFXKG.

10. Зобова Н. В., Сурин Н. А., Герасимов С. А., Чуслин А. А., Онуфриенок Т. В. Спектры проламинов в агроэкологической оценке коллекционного материала ячменя // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 5. С. 45–47. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10511>. EDN XROGYX.

11. Poets A. M., Fang Z., Clegg M. T., Morrell P. L. Barley landraces are characterized by geographically heterogeneous genomic origin // *Genome Biology*. 2015. Vol. 16. No. 1. P. 173. <https://doi.org/10.1186/s13059-015-0712-3>.

12. Chesnokov Yu. V., Kosolapov V. M., Savchenko I. V. Morphologic genetic markers for plants // *Russian Journal of Genetics*. 2020. Vol. 56. No. 12. P. 1406–1415. <https://doi.org/10.1134/S1022795420120042>.

13. Новикова А. А., Богданова О. В. Возможности маркер-ориентированной селекции для создания сортов ячменя, устойчивых к биотическим и абиотическим факторам (обзор) // *Животноводство и кормопроизводство*. 2021. Т. 104. № 1. С. 138–148. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-1-138>. EDN JOFQCE.

14. Сурин Н. А., Зобова Н. В., Ляхова Н. Е., Нешумаева Н. В., Плеханова Л. В., Чуслин А. А. [и др.]. Источники ценных признаков в селекции ячменя на адаптивность // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. Т. 30. № 6. С. 36–40. EDN WJXNLV.

15. Поморцев А. А., Лялина Е. В. Идентификация и оценка сортовой чистоты семян ячменя методом электрофоретического анализа запасных белков зерна: теория вопроса, методика электрофореза, каталог электрофореграмм современных сортов ячменя, допущенных к использованию в Российской Федерации : монография. М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2003. 85 с. EDN ZEWCJO.

References

1. Bagan A. V., Barat Yu. M. Ecological plasticity of spring barley kinds' estimation by indexes of crops' yield and grain quality. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2019;4:56–59. EDN OTCMOC (in Russ.).

2. Eroshenko L. M., Romakhin M. M., Eroshenko A. N., Eroshenko N. A., Dedushev I. A., Romakhina V. V. [et al.]. Retrospective analysis of adaptive properties of barley varieties bred by Federal Research Center "Nemchinovka". *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2021;22(4):485–494. EDN SNHYUF (in Russ.).

3. Filippov E. G., Bragin R. N., Dontsov D. P. Analysis of adaptability indicators of spring barley varieties and lines in the ecological variety testing. *Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki*, 2022;4(32):222–231. EDN WFQBII (in Russ.).

4. Bogdanov V. V., Chuslin A. A., Onufrienok T. V. Dynamics of changes in genetic composition of spring barley gordeins Krasnoyarsk selection. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*, 2021;1:12–16. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i1l1pp12-16>. EDN DFAZZQ (in Russ.).

5. Dakir El-H., Ruiz M.-L., Garcia P., de la Vega P. Genetic variability evaluation in Moroccan collection of barley, *Hordeum vulgare* L., by means of storage proteins and RAPDs. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2002;49:619–631. <https://doi.org/10.1023/A:1021228730714>.

6. Cai G., You L., Li X., Wu D., Lu J. Cultivar discrimination/segregation of representative Australian malting barley by quantitative real-time PCR using seed hordein marker. *Journal of the Institute of Brewing*, 2016;122;4:705–705. <https://doi.org/10.1002/jib.367>.

7. Klimenkov F. I., Gradskov S. M., Klimenkova I. N., Kuzmina N. P., Voronchikhin V. V. The use of the electrophoresis method in the practice of testing laboratories in the field of seed production of agricultural crops. *Vestnik agrarnoi nauki*, 2021;6(93):73–78. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.6.73>. EDN RJXJIP (in Russ.).

8. Pomortsev A. A., Lyalina E. V., Tereshchenko N. A., Boldyrev S. V., Yakovleva E. Yu., Berezkin A. N. [et al.]. Genetic markers in laboratory variety control of barley. *Genetika*, 2021;57;9:1054–1061. <https://doi.org/10.31857/S0016675821090101> (in Russ.).
9. Lyubimova A. V., Eremin D. I. The analysis of regularities of distribution of alleles of avenin-coding loci in domestic selection oat varieties. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019;11(152):30–38. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2019-11-30-38>. EDN QLFXKG (in Russ.).
10. Zobova N. V., Surin N. A., Gerasimov S. A., Chuslin A. A., Onufrienok T. V. Spectra of prolamines in agroecological evaluation of the collection barley. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2018;32;5:45–47. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10511>. EDN XROGYX (in Russ.).
11. Poets A. M., Fang Z., Clegg M. T., Morrell P. L. Barley landraces are characterized by geographically heterogeneous genomic origin. *Genome Biology*, 2015;16;1:173. <https://doi.org/10.1186/s13059-015-0712-3>.
12. Chesnokov Yu. V., Kosolapov V. M., Savchenko I. V. Morphologic genetic markers for plants. *Russian Journal of Genetics*, 2020;56;12:1406–1415. <https://doi.org/10.1134/S1022795420120042>.
13. Novikova A. A., Bogdanova O. V. Marker-oriented selection capabilities for creating barley varieties resistant to biotic and abiotic factors (review). *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2021;104;1:138–148. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-1-138>. EDN JOFQCE (in Russ.).
14. Surin N. A., Zobova N. V., Lyakhova N. E., Neshumaeva N. V., Chuslin A. A., Plekhanova L. V. [et al.]. Sources of valuable features in breeding of barley for adaptability. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2016;30;6:36–40. EDN WJXNLV (in Russ.).
15. Pomortsev A. A., Lyalina E. V. *Identification and evaluation of varietal purity of barley seeds by electrophoretic analysis of spare grain proteins: theory of the question, electrophoresis methodology, catalog of electrophoregrams of modern barley varieties approved for use in the Russian Federation: monograph*, Moscow, Rossiiskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet – MSKhA imeni K. A. Timiryazeva, 2003, 85 p. EDN ZEWCJO (in Russ.).

© Ерошенко Л. М., Ерошенко Н. А., Дедушев И. А., Новоселов В. А., Котов О. В., 2025

Статья поступила в редакцию 30.01.2025; одобрена после рецензирования 27.02.2025; принята к публикации 26.05.2025.

The article was submitted 30.01.2025; approved after reviewing 27.02.2025; accepted for publication 26.05.2025.

Информация об авторах

Ерошенко Любовь Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ORCID: 0000-0002-8513-6665, eroshenko.lm@yandex.ru;

Ерошенко Николай Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ORCID: 0000-0002-6971-957X, eroshenko.lm@yandex.ru;

Дедушев Иван Александрович, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ORCID: 0000-0002-5059-9299, dedushev_95@mail.ru;

Новоселов Виктор Алексеевич, лаборант-исследователь, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», vitya.novosyolov@mail.ru;

Котов Олег Викторович, лаборант-исследователь, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», oleg79002230821@yandex.ru

Information about the authors

Lyubov M. Eroshenko, Candidate of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", ORCID: 0000-0002-8513-6665, eroshenko.lm@yandex.ru;

Nikolay A. Eroshenko, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", ORCID: 0000-0002-6971-957X, eroshenko.lm@yandex.ru;

Ivan A. Dedushev, Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", ORCID: 0000-0002-5059-9299, dedushev_95@mail.ru;

Victor A. Novosyolov, Laboratory Research Assistant, Federal Research Center "Nemchinovka", vitya.novosyolov@mail.ru;

Oleg V. Kotov, Laboratory Research Assistant, Federal Research Center "Nemchinovka", oleg79002230821@yandex.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 634.13:631.5(571.63)

EDN GENTLI

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-16-28>

Результаты агроэкологического испытания интродуцированных сортов груши в условиях Приморья

Александр Иванович Живчиков¹, Раиса Ивановна Живчикова²

^{1,2} Приморская плодово-ягодная опытная станция (филиал Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки)

Приморский край, Владивосток, Россия

¹ ginzeng@mail.ru, ² zhivchikova49@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты изучения сортов груши в условиях муссонного климата южной прибрежной зоны Приморского края. Цель работы состояла в подборе зимостойких сортов с хорошим вкусом плодов для выращивания и расширения районированного сортового набора. В 2017–2024 гг. проведено испытание 17 сортов от оригинаторов Алтая, Урала, Московского региона в сравнении с сортами Дальнего Востока. Установлено, что привлеченные сорта остаются менее зимостойкими по сравнению с местными, созданными на основе груши уссурийской. Для сравнения использованы сорта Шурановка 5, Тёма. Дана оценка сортов по зимостойкости, устойчивости к болезням, урожайности, вкусовым качествам. По комплексу признаков выделены перспективными новые местные сорта – Рая, Китайка медовая, Хоруп. Из инорайонных отмечен сорт уральской селекции Гвидон, который сохранился в посадках в течение всего срока испытания с хорошими показателями зимостойкости, урожайности и вкуса плодов. Положительную оценку получил скороплодный, продуктивный сорт Обильная из Московской области, который можно использовать при закладке сада интенсивного типа с краткосрочным использованием для получения урожая в течение 4–5 лет.

Ключевые слова: груша, сорта, испытание, зимостойкость, юг Приморского края

Благодарности: авторы выражают благодарность сотрудникам Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки за помощь в подготовке данной работы.

Для цитирования: Живчиков А. И., Живчикова Р. И. Результаты агроэкологического испытания интродуцированных сортов груши в условиях Приморья // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 16–28. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-16-28>.

Original article

Results of agroecological testing of introduced pear varieties in Primorye

Aleksandr I. Zhivchikov¹, Raisa I. Zhivchikova²

^{1,2} Primorskaya Fruit and Berry Experimental Station (Branch of Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika)

Primorsky krai, Vladivostok, Russian Federation

¹ ginzeng@mail.ru, ² zhivchikova49@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of a study on pear varieties under the conditions of the monsoon climate in the southern coastal zone of Primorsky krai. The research goal was to

select frost-resistant varieties with tasty fruits for growing and increasing the breeding assortment. Seventeen varieties originating from Altai, Ural, and Moscow regions were tested in 2017–2024 and compared to varieties from the Russian Far East. It had been established that newly introduced varieties remained less frost-resistant than local varieties related to *Pyrus ussuriensis*. Varieties Shuranovka 5 and Tyoma were used for comparison. The varieties were evaluated for frost and disease resistance and taste. Varieties Raya, Kitaika medovaya, and Khorup stood out for a complex of traits as new promising local varieties. Among varieties from other regions, variety Gvidon of the Ural breeding origin was selected; it survived during the whole period of experiments and preserved high frost resistance, yield, and taste. Early-maturing productive variety Obil'naya from Moscow region had a high positive score as well. It can be selected for creating an orchard of intensive-type for short-term use and harvest (4–5 years).

Keywords: pear, variety, testing, frost resistance, south of Primorsky krai

Acknowledgments: the authors would like to thank the staff of the Federal Scientific Center for Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika for their help in preparing this work.

For citation: Zhivchikov A. I., Zhivchikova R. I. Results of agroecological testing of introduced pear varieties in Primorye. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:16–28 (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-2-16-28>.

Введение. Среди семечковых культур груша занимает второе место после яблони и значительно уступает ей как по площади посадок, так и по сбору плодов. При этом на одного человека приходится менее 1 кг отечественных плодов груши, в то же время яблок – более 12 кг [1].

Но в плодоводстве российского Дальнего Востока груша лидирует. Это связано с тем, что регион входит в ареал дикорастущего азиатского вида груши уссурийской (*Pyrus ussuriensis* M.). Здесь на основе этой аборигенной груши созданы и выращиваются уникальные сорта, которые, как и данный вид, можно считать автохтонными. Два сорта, районированные в регионе, представляют непосредственно грушу уссурийскую: Амурская ранняя с 1989 г. и Ласточка Приамурья с 2020 г. [2]. Остальные являются гибридами груши уссурийской и домашней. От местной дикорастущей груши они унаследовали высокую зимостойкость и способность без особого ущерба переносить критические периоды вегетации. Важным свойством является их долголетие в местных условиях.

У яблони на Дальнем Востоке схожими свойствами обладает только Ранетка пурпуровая. Созданные в регионе сорта яблони, хоть и являются зимостойкими полукультурками, но не обладают долголетием равным груше уссурийской. Поэ-

тому, несмотря на популярность и предпочтение в потреблении яблок, посадки груши по площади не уступают посадкам яблони.

По данным Государственной комиссии РФ по испытанию и охране селекционных достижений, в регионе районировано 9 сортов груши домашней [3]. Плоды большинства этих сортов мало чем отличаются от местной родительской формы. Они мелко- или среднеплодные, терпкие, плохо хранятся из-за быстрой мацерации мякоти. В то же время, они доступны для потребления в свежем виде; приготовления ароматных, вкусных и полезных напитков [4–6]. К достоинствам следует отнести то, что в плодах уссурийской груши в широком спектре биологически активных веществ отмечено повышенное содержание сильных антиоксидантов катехинов с Р-витаминной активностью [7, 8]. Поэтому плоды груши уссурийской и сортов, созданных на ее основе, являются перспективным биоматериалом для исследований по переработке и получению полезной продукции [9, 10]. Важно, что эта аборигенная груша может обеспечить экологически чистое сырье.

Сорта груши, районированные в Дальневосточном регионе, не могут обеспечить население своей долей в нормативном потреблении фруктов по минимальным медицинским рекомендациям

рационального питания. Местная продукция садоводства далека от потребительской нормы как по количеству, так и по качеству. Недостаток заполняется импортом, который мало устраивает население из-за сомнительной чистоты и высокой цены. В этой связи садоводству Дальнего Востока требуются сорта груши не только зимостойкие, но и урожайные на плоды высоких потребительских качеств. Решить такую задачу можно созданием местных и подбором инорайонных сортов, приспособленных к условиям выращивания.

Цель работы состоит в подборе зимостойких сортов груши для выращивания в Приморье или использования в качестве родительских форм в селекции.

По результатам предшествующей работы установлено, что лучшую приспособленность для условий Приморья показывают сорта, созданные в селекционных центрах Алтая, Сибири, Урала [11, 12]. Их характеризует высокая зимостойкость по сравнению с европейскими сортами. Такие сорта создавались для суровых условий перезимовки, поэтому прямо или опосредованно в родительских формах присутствует груша уссурийская, как донор зимостойкости. Но вместе с зимостойкостью гибридное потомство наследует и вяжущий вкус (терпкость) плодов, а иногда, и наличие каменистых клеток в мякоти. Поэтому, по вкусу уральские, сибирские и, тем более, дальневосточные сорта уступают сортам западноевропейским. Улучшить качество плодов селекционных гибридов можно повторными скрещиваниями нескольких поколений на фоне жесткого отбора на зимостойкость [13].

В этой связи в качестве задачи проводимых нами исследований является поиск сортов, способных без ущерба расти и плодоносить в экстремальных условиях или стать донорами ценных признаков в селекции новых адаптированных сортов.

Материалы и методы исследования. Исследования проведены в коллекционном саду Приморской плодово-ягодной опытной станции (филиал Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки) в период 2017–2024 гг. Экспериментальная база находится в южной части прибрежной зоны Приморья. Участки коллекционных посадок расположены на возвышенной мест-

ности со слабым восточным и западным уклоном. С юга, запада и севера сад имеет неплотную защиту в качестве широколиственного леса.

Почва участков буроподзолистая, тяжелосуглинистая с мощностью гумусового горизонта 18–22 см, который подстилается глиной.

Климат фактически предопределяет успех местного садоводства. Кратко он характеризуется как теплый, влажный с очень холодной зимой.

В зимний период территория подвержена влиянию сибирского антициклона, приносящего холодный воздух. Из-за этого данный период продолжительный, сухой и морозный, с большим количеством ясных и ветреных дней. Зимой осадков выпадает всего 13 % от общей годовой суммы, составляющей более 800 мм. Минимум месячных осадков приходится на самые морозные месяцы – январь и февраль. Снеговой покров маломощный и неустойчивый, в отдельные годы отсутствует. Почва промерзает на глубину до 180 см. В годы с суровой зимой минимальные температуры могут достигать минус 40 °С, при максимальных в эти же месяцы до 12 °С. В конце зимы и весной наблюдается чередование волн тепла и холода, когда в течение нескольких дней, или даже одного, положительные температуры меняются на отрицательные с перепадами до 20 °С. Резкие колебания температуры воздуха создают большую опасность для коры стволов и ветвей плодовых культур. В самом начале весны удерживаются низкие ночные температуры до минус 15 °С. Днем стволы и скелетные ветви деревьев с южной стороны прогреваются ярким солнцем, а с северной остаются застывшими. Из-за этого на коре появляются трещины, так называемые «ожоги», которые с годами увеличиваются и кора отслаивается до обнажения древесины. С возрастом повреждения возрастают и в 12–15 лет деревья часто погибают.

Лето в своем начале пасмурное с частыми дождями. Невысокие температуры сочетаются с высокой влажностью воздуха до 88–95 %. С июля по сентябрь стоит жаркая, солнечная и влажная погода. Летом усиливается влияние океанических тайфунов, количество которых в разные годы неодинаково и варьирует от двух до восьми. При этом увеличивается по-

вторяемость тайфунов с экстремальными скоростями ветра и сильными дождями. На самые теплые месяцы (июль и август) приходится максимум осадков с многолетними нормами по 120 мм. Случаются и аномальные процессы: так, в 2023 г. за июнь – август выпало более 1 000 мм осадков при норме 580 мм, а за сентябрь и октябрь – всего 18 мм. Осень – сравнительно сухая, теплая и короткая.

Средний безморозный период составляет 190 дней. Продолжительность периода с температурой воздуха, превышающей 10 °С, изменяется в пределах от 137 до 147 дней. Заморозки начинаются в октябре, стабильное промерзание почвы – с конца ноября. По многолетним наблюдениям в регионе отмечается устойчивая тенденция роста температуры и количества осадков как в теплый, так и в холодный периоды года [14, 15]. Сумма положительных температур – 2 600–2 800 °С; активных – 2 200–2 400 °С.

Объектами исследований стали известные и новые сорта груши от ориги-

наторов Дальнего Востока, Алтая, Урала, европейской части. Выбор сортов основывался на результатах предварительного изучения в местных условиях, информации научных изданий, опытах любительского садоводства. Многолетними наблюдениями установлено, что наиболее удачными были результаты выращивания сортов Дальнего Востока, Алтая, Урала. Коллекция сформирована и постоянно пополняется с 2017 г. за счет собственных саженцев, полученных прививкой присланных черенков и черенков с выделенных деревьев. Подвой – сеянцы груши уссурийской, рекомендуемой Госсорткомиссией для Дальневосточного региона.

В качестве контроля взят сорт из Хабаровского края Шурановка 5, распространенный в садах Приморского и Хабаровского краев (рис. 1).

Сорт был создан П. Г. Шурановым на основе сеянцев гибридных семян после свободного опыления европейских сортов, полученных И. В. Мичуриным, и груши уссурийской [16]. В райониро-



Рисунок 1 – Сорт груши Шурановка 5
Figure 1 – Pear variety Shuranovka 5

вании находился с 1965 г. Для сравнения использованы и другие дальневосточные сорта: «лукашовки» Ольга, Тёма, Внучка, Пальмира. Посадки проводились двулетними кронированными саженцами высотой 1,5–1,8 м.

В работе использованы общепринятые методические руководства по закладке полевых опытов, испытанию и сортоизучению плодовых культур [17–19]. Основой агротехнической схемы стала общепринятая в Приморском крае технология садоводства [20]. Основными ее элементами выступают: выбор места и подготовка почвы; посадка с расстояниями между рядами 4–5 м, в ряду – 3 м; уход за посадками (своевременные обрезки, подкормки, химические обработки).

Изучение биологических особенностей и хозяйственно ценных признаков проводилось по следующим критериям:

- 1) общему состоянию каждого дерева весной и осенью в баллах (от 0 до 5);
- 2) наступлению основных фенологических фаз;
- 3) устойчивости к переувлажнению или засухе в баллах (от 0 до 5);
- 4) устойчивости к основным болезням и вредителям в баллах;
- 5) возрасту начала плодоношения;
- 6) урожаю с каждого дерева в килограммах;
- 7) средней массе плода в граммах;
- 8) однолетнему приросту побегов (сильный, умеренный, слабый).

Исследования проводились в 2017–2024 гг. За данный период оценку на возможность выращивания в условиях южного Приморья получили 17 сортов груши обыкновенной *Pyrus communis* L.

Результаты исследований и их обсуждение

Общее состояние деревьев. Юг Приморского края обладает большим потенциалом благоприятных природных факторов. Здесь достаточно тепла, влаги, инсоляции. Проблемы для растений создают суровые условия зимой и критическая нагрузка отдельных факторов летом. Важнейшим свойством для многолетних насаждений является их зимостойкость – способность без ущерба переносить морозы на фоне яркого солнца, суточных или

периодических изменений температуры, влажности воздуха, ветра (северного сухого и южного влажного). Такие условия создают жесткий природный провокационный фон для оценки испытуемых сортов и селекционного материала.

Весенняя оценка состояния деревьев показывает результаты их перезимовки и способность к нормальной вегетации. Первая оценка состояния растений проводилась в фазе набухания почек, когда фиксируется начало вегетации. При этом отмечались видимые повреждения молодых побегов, скелетных ветвей и ствола: иссушение, морозобойные трещины. Окончательные результаты перезимовки или зимостойкость определялась по характеру развития плодовых и вегетативных почек. Часто после их распускания и начала роста проявлялись скрытые повреждения.

Оценка состояния деревьев проводилась и осенью в период окончания вегетации. Учитывались характер однолетнего прироста, развитие кроны, отсутствие повреждений. Оценка отражала адаптационную способность к местным условиям вегетации: фотопериоду, влажности воздуха, особенностям выпадения осадков и увлажнения почвы, ветровой нагрузке.

За период наблюдений своеобразие приморского климата дополнялось экстремальными случаями. Так, в конце ноября 2020 г. выпал ледяной дождь, в результате которого ветви деревьев покрылись льдом слоем 1–1,5 см. Под тяжестью осадков в мелко ветвистых кронах ломались скелетные ветви. В тоже время, такой ледяной панцирь на некоторое время был защитой от последовавших сильных морозов.

В 2023 г. посадки прошли испытание сначала при сильном длительном переувлажнении почвы в летние месяцы, затем в условиях продолжительной засухи в сентябре – октябре. Абиотические факторы такого уровня отрицательно сказывались на дальнейшем развитии, устойчивости и жизнеспособности деревьев в целом. У ослабленных деревьев снижалась зимостойкость. Это привело к сокращению числа испытуемых сортов.

Зимостойкость и устойчивость к подмерзанию. В условиях Приморья зимнее повреждение надземной части деревьев является основным фактором, который определяет возможность районирования

сорта. По мере взросления деревьев угнетенность усиливалась, что связано со все более ослабевающим иммунитетом. На однолетних приростах, скелетных ветвях, стволах отмечались прогрессирующие повреждения коры (рис. 2). Обрезка, которая проводилась регулярно, не смогла восстановить их не только продуктивное, но и общее нормальное состояние.

По этой причине пришлось отказаться от дальнейшего испытания алтайских сортов (Купава, Каратаевская, Перун, Сварог), уральских (Пермячка, Добрянка, Флейта), а также сортов Чижевская, Лада из московского региона. Деревья всех указанных сортов прошли стадию начала плодоношения. Затем началась постепенная выбраковка. После первого плодоношения, в возрасте 4 и 5 лет, были вынуждены отказаться от работы с сортами Добрянка, Купава, Перун, Чижевская. На два года дольше в испытании оставались Пермячка, Сварог, Обильная, Каратаевская.

Незначительные, не превышающие одного балла, отмечались повреждения после перезимовок у сортов Гвидон, Рая. Без заметного ущерба переносили зиму деревья сортов Шурановка 5, Тёма, Хоруп. Зимостойкий сорт Ласточка Приамурья из Амурской области, относящийся к груше уссурийской, на юге Приморского края показал возрастное продуктивное ограничение 7–8 лет из-за накапливающегося повреждения коры зимой с солнечной стороны. Деревья этого сорта хорошо

поддаются восстановлению от ствола после полного удаления кроны. Зимостойкость сортов отражена в таблице 1.

Фенология. Начало вегетации (набухание плодовых почек) отмечалось во второй – начале третьей декады апреля с небольшим (3–5 дней) различием между сортами, за исключением сорта Ласточка Приамурья, который во все годы начинал вегетацию раньше других на 6–9 дней. Это отличие сохранялось и при наступлении последующих фаз развития. Он стал самым раннеспелым с созреванием плодов в первой декаде августа (рис. 3).

Скороплодность отмечена у всех сортов, кроме сорта Сварог. Первое цветение с единичным плодоношением на второй год после посадки (третьем году жизни) было у сортов Шурановка 5, Чижевская, Каратаевская, Ласточка Приамурья, Рая, Добрянка. У других сортов плодоношение началось на четвертом году. У сорта Сварог плодоношение отмечено на шестом году жизни. Сроки съемной спелости определялись по появлению здоровой падалицы без помощи ветра. Наступление этой фазы зависело от погодных условий. Так, недостаток влаги летом 2020 г. способствовал замедлению развития и увеличению периода вегетации.

Урожайность. Это основной признак, определяющий успех селекционной работы и характеристику сорта. Груша, по сравнению с яблоней, больше зависит от условий среды. В наших опытах все сорта



Рисунок 2 – Повреждение ствола и ветвей сорта груши Сварог
Figure 2 – Damaged stem and branches of pear variety Svarog

Таблица 1 – Зимостойкость сортов груши, 2018–2024 гг.

Table 1 – Frost resistance of pear varieties, 2018–2024

В баллах (in points)

Название сорта	Подмерзание по годам наблюдений							Подмерзание за период наблюдений
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Шурановка 5	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0–0,5
Тёма	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0–0,5
Китайка медовая	0,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	0,0–1,5
Рая	0,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0–1,0
Хоруп	–	–	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0–0,5
Ласточка Приамурья	0,0	0,0	0,0	0,5	1,5	3,0	–	0,0–3,0
Барнаульская крупная	0,0	0,5	0,5	1,0	1,5	1,5	2,0	0,0–2,0
Купава	–	–	0,5	1,0	4,0	–	–	0,5–4,0
Каратаевская	–	–	1,0	1,5	3,0	4,0	–	1,0–4,0
Перун	–	–	1,5	2,0	4,0	–	–	1,5–4,0
Сварог	0,0	0,0	0,5	1,5	2,0	4,0	–	0,0–4,0
Гвидон	0,0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0–1,0
Пермячка	–	–	1,0	2,0	2,0	4,0	–	1,0–4,0
Добрянка	1,0	1,0	2,0	2,0	5,0	–	–	1,0–5,0
Чижовская	–	–	1,0	2,0	2,0	3,0	–	1,0–3,0
Лада	–	–	0,0	1,0	2,0	2,0	2,5	0,0–2,5
Обильная	0,0	0,0	1,0	1,5	2,0	3,0	–	0,0–3,0

Примечания: 1. Использована 5-балльная шкала оценки (от нуля до пяти).
2. Прочерки в начале строк – отсутствие деревьев в посадках;
прочерки в конце строк – удаление деревьев.



Рисунок 3 – Сорт груши Ласточка Приамурья

Figure 3 – Pear variety Lastochka Priamurya

резко снижали урожай при переувлажнении почвы или недостатке влаги. Урожайность зависела также от сохранности плодов вследствие поражения болезнями при созревании.

Следуя Стратегии развития садоводства и питомниководства РФ, разработанной Минсельхозом совместно с Академией наук РФ, на основе многолетних

показателей принята ориентировочная урожайность плодов для семечковых не менее 10 т/га. Это значит, что продуктивность одного дерева должна быть на уровне 12 кг. Такой урожай может обеспечить только Шурановка 5 в отдельные годы с возраста 6–7 лет. Другие дальневосточные районированные сорта – мелкоплодные и менее продуктивные (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность плодов в среднем за 2018–2024 гг.

Table 2 – Average fruit yield for 2018–2024

Название сорта, регион происхождения	Вес плодов с дерева по годам наблюдений, кг								Средний вес одного плода, г
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	средний	
Шурановка 5, Хабаровский край	1,9	6,6	11,2	12,8	16,4	12,1	15,5	10,9	94
Тёма, Хабаровский край	1,2	4,2	5,4	8,0	4,6	6,2	6,0	5,1	74
Китайка медовая, Приморский край	2,1	5,0	8,0	6,2	8,3	7,0	9,0	6,1	88
Рая, Приморский край	2,4	3,8	6,0	4,6	8,3	7,8	6,9	5,7	271
Хоруп, Приморский край	–	–	0,0	0,5	0,6	1,3	3,1	0,9	115
Ласточка Приамурья, Амурская область	1,1	1,9	1,7	1,6	4,2	4,5	–	2,5	32
Барнаульская крупная, Алтайский край	0,0	2,0	2,3	2,1	3,0	4,6	3,5	2,5	98
Купава, Алтайский край	–	–	0,0	0,9	3,9	–	–	1,6	80
Каратаевская, Алтайский край	–	–	0,5	0,5	0,8	1,0	–	0,7	97
Перун, Алтайский край	–	–	0,0	0,6	0,3	–	–	0,3	–
Сварог, Алтайский край	0,0	0,0	0,0	0,4	0,6	0,5	–	0,2	93
Гвидон, Свердловская область	0,0	2,4	3,0	3,1	3,8	4,0	3,5	2,8	112
Пермячка, Свердловская область	0,0	0,8	0,5	0,8	0,8	0,5	–	0,6	120
Добрянка, Свердловская область	0,9	0,9	1,6	1,9	2,1	–	–	1,5	123
Чижовская, Московская область	–	–	0,9	1,2	0,6	0,0	–	0,7	110
Лада, Московская область	–	–	0,0	0,6	0,0	0,8	0,0	0,3	105
Обильная, Московская область	2,0	6,4	5,8	6,1	3,5	5,5	–	4,9	94
НСР ₀₅	0,6	1,9	2,1	2,3	2,7	2,9	2,7	3,3	–

Очевидна перспективность новых приморских сортов Рая, Китайка медовая, Хоруп, которые сохраняются в посадках уже 9 лет, дают крупные плоды хорошего вкуса (рис. 4). В числе интродуцированных выделяются уральский сорт Гвидон и сорт алтайской селекции Барнаульская крупная, которые сохраняются, хорошо

развиваются при ежегодном увеличении урожайности. Также отмечен сорт Обильная. Его можно считать перспективным для сада интенсивного типа, в котором не предусматриваются долголетние посадки. Для этого сорта характерны зимостойкость, скороплодность, высокая продуктивность с первых лет, хорошие качества



Тёма



Гвидон



Хоруп



Рая



Рисунок 4 – Сорта груши
Figure 4 – Pear varieties

плодов. Но он имеет ограниченный срок использования из-за слабой устойчивости к болезням в условиях нашего климата.

За период испытаний 2022 г. отмечен самым урожайным у всех сортов. В другие годы плодоношение было заметно ниже, разное по годам и без явной периодичности. Продуктивность зависела от комплекса факторов: температурных условий зимой, во время цветения и летом; своевременной обеспеченности влагой почвы; насыщенности воздуха влагой; инфекцией во время формирования урожая.

Устойчивость к болезням. Этот признак является важным в характеристике адаптационной способности сорта. В течение жизни дерева находятся в постоянных стрессовых условиях. Характерные особенности муссонного климата южной прибрежной зоны Приморья благоприятствуют насыщению инфекционного фона, распространению болезней, вызывающих поражение плодов и самих растений.

Больше всего деревья страдают от поражения грибом рода *Monilia*, разные формы которого вызывают монилиальный ожог соцветий и молодых побегов, монилиальную гниль плодов. Болезнь активно распространяется в условиях повышенной влажности, поэтому ежегодно в разной степени поражались все сорта. При монилиальном ожоге соцветий отмирают не только цветки, но и все соцветие вместе с почкой. Поражение испытываемых сортов было различным по годам и зависело от особенностей сорта и насыщенности воздуха влагой. Степень поражения зависела не только от сортовых особенностей, но и от складывающихся погодных условий.

Так, в период наших наблюдений степень поражения соцветий в засушливом 2022 г. была на 20–30 % меньше, чем в предыдущем. Отмечено прогрессирующее поражение по годам, что связано с накоплением инфекции на фоне ослабления после зимних повреждений. Сильнее других, вплоть до удаления деревьев в молодом возрасте, болезнями были поражены

сорта Добрянка, Перун, Купава. Заметное поражение (сначала 2, а затем 3 балла по 5-балльной шкале) ежегодно отмечалось у сортов Обильная, Сварог, Лада, Пермьяка. Эти сорта в 2024 г. были поражены на 4 балла. Монилиальная гниль плодов наблюдалась в слабой степени от начала до полного созревания и зависела от условий среды. Кроме монилиоза было отмечено слабое поражение бактериальным ожогом, ржавчиной, черным раком.

Заключение. В рискованных климатических условиях в садах Приморья остро ощущается отсутствие груши с крупными и вкусными плодами. Это связано с особой чувствительностью вида к воздействию низких температур, переувлажнению, засухе. Сорта, районированные в регионе, созданы на основе местной дикорастущей груши уссурийской. Кроме непревзойденной зимостойкости, они унаследовали терпкость, наличие каменных клеток, повышенную кислотность, мелкоплодность. С целью расширения сортимента в Приморье постоянно предпринимаются попытки привлечения инорайонных сортов. Приоритет отдается сортам с плодами высоких потребительских качеств из регионов с напряженными условиями перезимовки.

В период 2017–2024 гг. проведено сравнительное испытание 17 сортов груши оригинаторов Дальнего Востока, Алтая, Урала. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что в селекционных центрах страны созданы новые, а также совершенствуются имеющиеся сорта с улучшенными показателями хозяйственно-ценных признаков, которые могут быть использованы как перспективные для изучения и возможного районирования в условиях Приморья.

Так, для краткосрочных посадок и сбора плодов в течение 4–5 лет уже сейчас может быть рекомендован скороплодный сорт Обильная. Как перспективные также выделены сорта Гвидон, Рая, Китайка медовая, Хоруп.

Список источников

1. Мишко А. Е., Клюкина А. В., Вялков В. В. Физиологические особенности сортов груши на территории Краснодарского края // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2024. № 86 (2). С. 115–125. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2024-2-86-115-125>. EDN NQYLLI.

2. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию. М. : Росинформагротех, 2024. 620 с.
3. Михайличенко О. А. Селекция груши на Дальнем Востоке // Евразийский союз ученых. 2015. № 5–2 (14). С. 140–143. EDN WYXWKX.
4. Гусакова Г. С., Евстафьев С. Н. Перспективы использования плодов уссурийской груши в виноделии // Химия растительного сырья. 2011. № 3. С. 173–178. EDN OHSUTB.
5. Гусакова Г. С., Евстафьев С. Н. Разработка технологии приготовления сока из плодов груши уссурийской (*Pyrus ussuriensis* Maxim) // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 6 (105). С. 129–135. EDN UDTMDH.
6. Gathua Q., Chunyan L., Zhenghui G., Jiyu L., Yongjie Q., Haifa P. [et al.]. Biochemical characterization of an alcohol dehydrogenase from *Pyrus ussuriensis* "Nanguoli" // European Journal of Horticultural Science. 2022. Vol. 87. No. 1. <https://doi.org/10.17660/ejhs.2022/003>. EDN GOEOXA.
7. Тарасова Г. Н. Оценка биохимического состава плодов сортов груши уральской селекции // Садоводство и виноградарство. 2012. № 5. С. 24–28. EDN PDEDDL.
8. Qiu D., Guo J., Yan J., Yang S., Li X. Antioxidant phenolic compounds isolated from *Pyrus ussuriensis* Maxim fruit peels and leaves // Food Chemistry. 2018. Vol. 241. P. 182–187. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.072>.
9. Евстафьев С. Н., Гусакова Г. С. Применение порошка из выжимок уссурийской груши в пищевой технологии // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. № 4 (322). С. 37–39. EDN OCRFFL.
10. Дарман Г. Ф. Груша уссурийская – *Pyrus ussuriensis* Maxim // Красная книга Амурской области: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2020. С. 369–370. EDN KNNUJE.
11. Живчиков А. И., Живчикова Р. И. Возможности формирования современного адаптивного сортимента плодовых культур в перспективе развития дальневосточного садоводства // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 3 (43). С. 37–44. EDN ZWLWBX.
12. Оксенюк Т. Ю. Адаптивный потенциал интродуцированных сортов груши в Приморском крае // Аграрный вестник Приморья. 2020. № 4 (20). С. 14–17. EDN SUNHDK.
13. Фалкенберг Э. А. Использование уссурийской груши в создании новых сортов груши, адаптированных для регионов рискованного плодового садоводства // Селекция, биология, технология плодово-ягодных культур и картофеля : сб. науч. тр. Челябинск : Фотохудожник, 2005. С. 12–22. EDN UINJIL.
14. Агроклиматические ресурсы Приморского края. Л. : Гидрометеиздат, 1973. 148 с.
15. Школьник И. М., Акентьева Е. М., Ключева М. В., Стадник В. В., Хлебникова Е. И., Фасолько Д. В. [и др.]. Федеральные округа России: изменения климата и экономика // Труды Главной геофизической обсерватории имени А. И. Воейкова. 2022. № 604. С. 55–201. EDN KWPTBF.
16. Грек, В. С., Нечаев А. А., Морин В. А. Состояние зеленых насаждений Питомника имени П. Г. Шуранова в городе Хабаровск // Использование и воспроизводство лесных ресурсов на Дальнем Востоке : сб. науч. тр. Хабаровск : Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, 2016. Вып. 39. С. 198–208. EDN VJAUKS.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Альянс, 2014. 351 с.
18. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огольцовой. Орел : Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 1999. 608 с. EDN YHAOZT.
19. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 5. М. : Колос, 1970. 160 с.

20. Царенко В. П., Оксенюк Ю. Ф., Сабитов А. Ш., Чебукин П. А., Введенская И. О. Садоводство и виноградарство // Система ведения агропромышленного производства Приморского края. Новосибирск : Дальневосточный научно-методический центр РАСХН, 2001. С. 216–266.

References

1. Mishko A. E., Klyukina A. V., Vyalkov V. V. Physiological features of pear varieties in the territory of the Krasnodar krai. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*, 2024;86(2):115–125. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2024-2-86-115-125>. EDN NQYLLI (in Russ.).
2. *State Register of varieties and hybrids of agricultural plants approved for use*, Moscow, Rosinformagrotech, 2024, 620 p. (in Russ.).
3. Mikhailichenko O. A. Pear breeding in the Far East. *Evrasiiskii soyuz uchenykh*, 2015;5–2(14):140–143. EDN WYXWKX (in Russ.).
4. Gusakova G. S., Evstafiev S. N. Prospects for the use of Ussuri pear fruits in winemaking. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011;3:173–178. EDN OHSUTB (in Russ.).
5. Gusakova G. S., Evstafiev S. N. The development of the technology for the preparation of juice from *Pyrus ussuriensis* Maxim fruits. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015;6(105):129–135. EDN UDTMDH (in Russ.).
6. Gathua Q., Chunyan L., Zhenghui G., Jiyu L., Yongjie Q., Haifa P. [et al.]. Biochemical characterization of an alcohol dehydrogenase from *Pyrus ussuriensis* "Nanguoli". *European Journal of Horticultural Science*, 2022;87;1. <https://doi.org/10.17660/ejhs.2022/003>. EDN GOEOXA.
7. Tarasova G. N. Evaluation of biochemical composition of fruits of pear varieties of Ural selection. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*, 2012;5:24–28. EDN PDEDDL (in Russ.).
8. Qiu D., Guo J., Yan J., Yang S., Li X. Antioxidant phenolic compounds isolated from *Pyrus ussuriensis* Maxim fruit peels and leaves. *Food Chemistry*, 2018;241:182–187. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.072>.
9. Evstafiev S. N., Gusakova G. S. Application of Ussuri pear powders in food technology. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaya tekhnologiya*, 2011;4(322):37–39. EDN OCRFFL (in Russ.).
10. Darman G. F. Ussuri pear – *Pyrus ussuriensis* Maxim. In.: *Krasnaya kniga Amurskoi oblasti: redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoi ischeznoeniya vidy zhivotnykh, rastenii i gribov*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2020, P. 369–370. EDN KNUUJE (in Russ.).
11. Zhivchikov A. I., Zhivchikova R. I. Possibilities of creating contemporary adaptive assortment of fruit plants in view of the development of the Far East gardening. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2017;3(43):37–44. EDN ZWLBDX (in Russ.).
12. Oksenyuk T. Yu. Adaptive capacity of introduced varieties of pear in the Primorsky krai. *Agrarnyi vestnik Primor'ya*, 2020;4(20):14–17. EDN SUHHDH (in Russ.).
13. Falkenberg E. A. Use of pears Ussuriisk in creating new varieties of pears, adapted for the region risked fruit. *Proceedings from Seleksiya, biologiya, tekhnologiya plodovo-yagodnykh kul'tur i kartofelya*. (PP. 12–22), Chelyabinsk, Fotokhudozhnik, 2005. EDN UINJIL (in Russ.).
14. *Agroclimatic resources of Primorsky krai*, Leningrad, Gidrometeoizdat, 1973, 148 p. (in Russ.).
15. Shkolnik I. M., Akentyeva E. M., Klueva M. V., Stadnik V. V., Khlebnikova E. I., Fasolko D. V. [et al.]. Federal districts: climate change and economy. *Trudy Glavnoi geofizicheskoi observatorii imeni A. I. Voeikova*, 2022;604:55–201. EDN KWPTBF (in Russ.).
16. Greek V. S., Nechaev A. A., Morin V. A. The state of the green spaces of the P. G. Shuranov Nursery in Khabarovsk. *Proceedings from Ispol'zovanie i vosproizvodstvo lesnykh resursov na Dal'nem Vostoke*. (PP. 198–208), Khabarovsk, Dal'nevostochnyi nauchno-issledovatel'skii institut lesnogo khozyaistva, 2016. EDN VJAUKS (in Russ.).

17. Dospekhov B. A. *Methodology of field experiment (with basics of statistical processing of research results)*, Moscow, Al'yans, 2014, 351 p. (in Russ.).
18. Sedov E. N., Ogoltsova Y. P. (Eds.). *Program and methodology of varietal study of fruit, berry and nut crops*, Orel, Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut selektsii plodovykh kul'tur, 1999, 608 p. EDN YHAOZT (in Russ.).
19. *Methodology of state varietal testing of agricultural crops. Issue 5*, Moscow, Kolos, 1970, 160 p. (in Russ.).
20. Tsarenko V. P., Oksenyuk Yu. F., Sabitov A. Sh., Chebukin P. A., Vvedenskaya I. O. Horticulture and viticulture. In.: *Sistema vedeniya agropromyshlennogo proizvodstva Primorskogo kraya*, Novosibirsk, Dal'nevostochnyi nauchno-metodicheskii tsentr RASKHN, 2001, P. 216–266 (in Russ.).

© Живчиков А. И., Живчикова Р. И., 2025

Статья поступила в редакцию 18.03.2025; одобрена после рецензирования 15.04.2025; принята к публикации 25.04.2025.

The article was submitted 18.03.2025; approved after reviewing 15.04.2025; accepted for publication 25.04.2025.

Информация об авторах

Живчиков Александр Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Приморская плодово-ягодная опытная станция (филиал Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки), ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9168-1450>, ginzeng@mail.ru;

Живчикова Раиса Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Приморская плодово-ягодная опытная станция (филиал Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки), ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5095-9137>, zhivchikova49@mail.ru

Information about the authors

Aleksandr I. Zhivchikov, Candidat of Agricultural Sciences, Researcher, Primorskaya Fruit and Berry Experimental Station (Branch of Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika), ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9168-1450>, ginzeng@mail.ru;

Raisa I. Zhivchikova, Candidat of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Primorskaya Fruit and Berry Experimental Station (Branch of Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika), ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5095-9137>, zhivchikova49@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 632.78:630*4(571.61)

EDN MGUOUU

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-29-43>

**Пяденицы (Lepidoptera, Geometridae) –
вредители сельского и лесного хозяйства в Амурской области**

Александр Александрович Кузьмин

Всероссийский научно-исследовательский институт сои

Амурская область, Благовещенск, Россия, bianor@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен краткий ретроспективный анализ основной литературы, посвященной чешуекрылым – вредителям сельского и лесного хозяйства. Приведен список видов пядениц, которые упоминаются в качестве вредителей сельского и лесного хозяйства в различных регионах и при этом отмечены на территории Амурской области. Для этих видов указывается актуальная таксономическая информация, а также сведения по распространению на территории региона и трофическим предпочтениям гусениц. Дается оценка вредоносности отдельных видов с учетом их трофики, плотности популяции и динамики численности за время наблюдений. Подготовлен доступный иллюстративный материал для определения имаго пядениц в полевых и лабораторных условиях специалистами по защите растений. Рассмотрен вопрос связи фауны пядениц окультуренных ландшафтов с различными ландшафтами Амурской области. Установлено, что среди пядениц, отмеченных в качестве вредителей сельского и лесного хозяйства, отсутствуют специализированные вредители. Организованное применение в сельском хозяйстве средств защиты растений в борьбе с пяденицами-вредителями не окупается стоимостью спасенной части урожая и, как следствие, нецелесообразно.

Ключевые слова: насекомые-вредители, бабочки, пяденицы, вредители сельского хозяйства, вредители лесного хозяйства, вредители сои

Благодарности: автор выражает благодарность научному сотруднику Всероссийского научно-исследовательского института сои Николаю Станиславовичу Анисимову за помощь в организации и проведении полевых исследований.

Для цитирования: Кузьмин А. А. Пяденицы (Lepidoptera, Geometridae) – вредители сельского и лесного хозяйства в Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 29–43. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-29-43>.

Original article

**Geometrid moths (Lepidoptera, Geometridae)
are pests of agriculture and forestry in Amur region**

Alexander A. Kuzmin

All-Russian Research Institute of Soybean, Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

bianor@yandex.ru

Abstract. The article provides a brief retrospective review of the main literature on Lepidoptera, pests of agriculture and forestry. The given list of geometrid moths species which are mentioned as pests of agriculture and forestry in various regions and at the same time are noted in the territory of the Amur region. The current taxonomic information and information about the dis-

tribution of these species in the Amur region are listed. Information about the trophic preferences of caterpillars is also written. This article provides an assessment of the harmfulness of individual species taking into account their trophism, population density and population dynamics during the observation period. Available illustrative material has been showed for the determination of geometrid moth imago in field and laboratory conditions by plant protection specialists. The issue of the relationship of the geometrid fauna of cultivated landscapes with various landscapes of the Amur region is considered. It has been established that among geometrid moths, specialized pests have been noted as pests of agriculture and forestry. The organized use of plant protection products in agriculture in a region with pests does not come without the cost of the saved part of the crop and from the point of view of inexpediency.

Keywords: insect pests, butterflies, geometrid moths, agricultural pests, forestry pests, soybean pests

Acknowledgments: the author expresses his gratitude to Nikolai Stanislavovich Anisimov, a Researcher at the All-Russian Research Institute of Soybean, for his help in organizing and conducting field research.

For citation: Kuzmin A. A. Geometrid moths (Lepidoptera, Geometridae) are pests of agriculture and forestry in Amur region. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:29–43. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-2-29-43>.

Введение. Пяденицы – одно из крупнейших семейств чешуекрылых в мировой фауне. Семейство, в зависимости от автора ревизии, насчитывает от 7 до 9 подсемейств, более 2 000 родов и более 23 000 видов. Однако ежегодно продолжают описываться новые виды пядениц. В России в настоящее время известно 1 133 вида пядениц, из них на российском Дальнем Востоке с учетом всех последних находок насчитывается 746 видов [1–7].

По строению тела бабочки пядениц близки к дневным булавоусым чешуекрылым (группа семейств Rhopalocera), и за редким исключением, имеют стройное тело, широкие крылья и слабый, порхающий или хаотичный полет. У некоторых видов самки неспособны к полету (бескрылы или имеют редуцированные крылья). У гусениц большинства видов пядениц, кроме трех пар грудных ножек, имеются только две пары брюшных ложноножек на конце тела. Поэтому они передвигаются, петлеобразно изгибая все тело и попеременно укрепляясь на субстрате грудными ножками и брюшными ложноножками. Название семейства происходит от сходства передвижения гусениц с действиями человека по измерению длины – русское от сходства с измерением пядью, а латинское от сходства с измерением земляным циркулем (название семейства происходит от латинизированного древнегреческого слова «γεωμέτρης» (geōmétrēs – измеряющий землю).

В различных источниках пяденицы упоминаются как серьезные вредители леса и второстепенные вредители сельского хозяйства.

Целью данного исследования является уточнение видового состава пядениц, отмеченных в качестве вредителей, и определение хозяйственного значения данной группы.

Методика исследований. Исследования по выявлению и учету пядениц, наносящих вред культурным и хозяйственно значимым диким растениями проводились в период с 2018 по 2024 гг. Обследованиями были охвачены 18 муниципальных округов (Зейский, Шимановский, Магдагачинский, Свободненский, Ромненский, Мазановский, Серышевский, Благовещенский, Белогорский, Ивановский, Тамбовский, Октябрьский, Константиновский, Михайловский, Завитинский, Бурейский, Архаринский, Сковородинский). При этом были выполнены маршрутные и детальные обследования.

Статистическая обработка данных и построение графиков и диаграмм проведены с использованием пакетов программ PAST – PAleontological STatistics (v. 4.03, 2020) [8] и Microsoft Excel. Для обработки векторных изображений и адаптации их для публикации применялись программы CorelDraw 9.0 и Gimp. Фотографии выполнены при помощи камеры Canon EOS 5dII с объективом Волна-9 50/2,8.

Результаты исследований и их об-суждение. В качестве вредителей пядени-цы упоминались в лекциях Н. А. Холод-ковского и Н. М. Кулагина.

Н. М. Кулагин в курсе лекций «Эн-томология. Вредные насекомые и меры борьбы с ними» приводит три вида пядениц, вредящих древесной раститель-ности: *Erannis defoliaria* Leach, 1815 (как *Hibernia defoliaria*), *Operophtera brumata* (Linnaeus, 1758) (как *Cheimatobia brumata*) и *Bupalus piniaria* (Linnaeus, 1758) (как *Fidonia piniaria*) [9].

В четвертом издании «Курса энтомо-логии» Н. А. Холодовским упоминаются *Lycia hirtaria* (Clerck, 1759), наносящий не-значительный вред ильмам в степных лес-ничествах, а также яблоне, груше и айве на юге России; *E. defoliaria* как «видный» вредитель плодовых; *Abraxas grossulariata* (Linnaeus, 1758), который также вредит садовым культурам; *B. piniaria*, указан-ный как «самый вредный для лесов вид семейства». Также отмечен вред *Ectropis crepuscularia* ([Denis & Schiffermüller, 1775) (как *Boarmia crepuscularia*), *Macaria liturata* (Clerck, 1759) (как *Semiothisa liturata*), *A. grossulariata*, *Alsophila aescularia* (Denis & Schiffermüller, 1775) и *O. brumata* [10].

Н. Н. Богданов-Катьков во втором издании своего «Краткого учебника эн-томологии» перечисляет три вида-вре-дителя: *Operophtera brumata*, *Abraxas grossulariata* и *Erannis defoliaria* [11].

Из перечисленных выше видов на Дальнем Востоке не встречаются лишь *E. defoliaria*, *A. aescularia* и *O. brumata* (в современном понимании). Причем при-ведение *O. brumata* для Дальнего Востока вплоть до конца XX в. логично, так как из этого вида был выделен дальневосточный *Operophtera brunnea* Nakajima, 1991.

В «Определителе вредителей леса» было перечислено уже 27 видов пяде-ниц: *Epirrita autumnata* (Borkhausen, 1794) (как *Oporinia autumnata*); *Epirrita dilutata* (Denis & Schiffermüller, 1775) (как *Oporinia dilutata*); *Hylaea fasciaria* (Linnaeus, 1758) (как *Ellopiopsis prosapiaria*); *Odontopera bidentata* (Clerck, 1759) (как *Gonodontis bidentata*); *Eupithecia tantillaria* (Boisduval, 1840); *Eupithecia lanceata* (Hübner, 1825); *Eupithecia indigata* (Hübner, 1813); *Eupithecia abietaria* (Goeze, 1781) (как

Eupithecia bilunulata и *Eupithecia pini*); *Hydriomena ruberata* (Freyer, 1831) (как *Theravariata*); *Therajuniperata* (Linnaeus, 1758) (как *Thera juniperata*); *O. brumata*, *B. piniaria*, *Ematurga atomaria* (Linnaeus, 1758) (как *Hematurga atomaria*); *Apocheima hispidaria* (Denis & Schiffermüller, 1775); *Biston strataria* (Hufnagel, 1767); *Lycia hirtaria*, *Lycia pomonaria* (Hübner, 1790) (как *Poecilopsis pomonaria*); *Peribatodes secundaria* (Denis & Schiffermüller, 1775) (как *Boarmia secundaria*); *Deileptenia ribeata* (Clerck, 1759) (как *Boarmia ribeata*); *Paradarisa consonaria* (Hübner, 1799) (как *Boarmia consonaria*); *Hypomecis punctinalis* (Scopoli, 1763) (как *Boarmia punctinalis*); *Alcis repandata* (Linnaeus, 1758) (как *Boarmia repandata*); *E. defoliaria*, *Phigalia pedaria* (Fabricius, 1787); *E. crepuscularia* (как *Boarmia bistortata*); *M. liturata* (как *Semiothisa liturata*); *Macaria signaria* (Hübner, 1809) (как *Semiothisa signaria*); *Alsophila aescularia*. При этом лишь в отношении семи видов (*H. fasciaria*, *O. brumata*, *B. piniaria*, *L. hirtaria*, *E. defoliaria*, *P. pedaria*, *M. signaria*) ука-зывается, что они способны к массовому размножению. Вид *E. atomaria* описы-вается как «частый спутник массовых раз-множений сосновой пяденицы, содей-ствует размножению ее паразитов», что характеризует его скорее как полезный, а не вредный [12].

Похожий набор видов упоминается в последующих изданиях, посвященных ле-созащите: *B. piniaria*, *E. crepuscularia* (как *Boarmia bistortata*), *O. brumata*, *L. hirtaria* (как *Biston hirtaria*), *L. pomonaria* (как *Biston pomonaria*), *B. strataria*, *A. hispidaria* (как *Biston hispidaria*), *P. pedaria* [13].

Заметно отличается список видов только в издании 1985 г. «Чешуекрылые – вредители березовых лесов»: *Rheumaptera hastata* (Linnaeus, 1758); *Macaria notata* (Linnaeus, 1758) (как *Semiothisa notata*); *Chiasmia clathrata* (как *Semiothisa clathrata*); *Cabera pusaria* (Linnaeus, 1758); *E. atomaria*; *H. punctinalis* (как *Serraca punctinalis*); *Biston betularia* (Linnaeus, 1758); *O. bidentata* (как *Gonodontis bidentata*); *Plagodis dolabraria* (Linnaeus, 1767) [14].

В начале XX века началось изучение вредителей на Дальнем Востоке. В 1940 г. по результатам многолетних исследований

выходит первое издание книги «Насекомые-вредители полевых и овощных культур Дальнего Востока», автором которой стал заведующий кафедрой зоологии и защиты растений Благовещенского сельскохозяйственного института (в настоящее время Дальневосточный государственный аграрный университет) Александр Иванович Мищенко. В книге упоминается один вид (*B. betularia*), повреждающий листья сои с пометкой «хозяйственного значения не имеет» [15]. Этот же вид упоминается и во втором издании [16].

По информации из Приморского края упоминаются в роли вредителей сои *Orthonama obstipata* (Fabricius, 1794) (как *Cidaria obstipata*) и *Scopula impersonata* (Walker, 1861) (как *Acidalia accusataria*) без указания прочих культурных растений, повреждаемых этими видами [17]. Оба вида встречаются на территории Амурской области. Любопытно, что данные виды не указывались в списках вредителей ни до, ни после этой публикации и не регистрировались в этом качестве по результатам современных исследований.

В Бурятии отмечался «серьезный вред» *Erannis jacobsoni* (Djakonov, 1926) на лиственнице [18, 19].

В 1988 г. была издана книга «Бабочки – вредители сельского и лесного хозяйства Дальнего Востока», в которой список пядениц-вредителей был резко расширен (до 18 видов): *Ennomos autumnaria* (Werneburg, 1859); *Selenia tetralunaria* (Hufnagel, 1767); *Cystidia couaggaria* Guenée, 1858); *Arbognophos amoenaria* (Staudinger, 1897); *Angerona prunaria* (Linnaeus, 1758); *A. selenaria*; *Erannis golda* (Djakonov, 1929); *B. betularia* (как *Biston betularius*); *Alcis medialbifera* (Inoue, 1972); *A. grossulariata*; *Abraxas fulvobasalis* (Warren, 1894) (как *Abraxas orientalis*); *Naxa seriaria* (Motschulsky, 1866); *O. brumata*; *Operophtera peninsularis* (Djakonov, 1931); *P. comitata*; *Gandaritis fixseni* (Bremer, 1864); *Eupithecia gigantea* (Staudinger, 1897); *Eupithecia abietaria* (Goeze, 1781) с указанием повреждаемых растений и определителем по гусеницам [20].

В издании «Насекомые – вредители сельского хозяйства Дальнего Востока», которое вышло в 1995 г., список был сокращен до 12 видов. Причем один вид (*Jankowskia athleta* (Oberthür, 1884)) в ка-

честве вредителя приводился впервые. В список вошли: *Ennomos autumnaria*; *Selenia tetralunaria*; *Cystidia couaggaria*; *Angerona prunaria*; *A. selenaria*; *Erannis golda*; *B. betularia* (как *Biston betularius*); *Jankowskia athleta*; *Abraxas grossulariata*; *Operophtera brumata*; *O. peninsularis*; *Pelurga comitata* [21].

Наиболее значимой сельскохозяйственной культурой Амурской области является соя (*Glycine max* (Linnaeus) Merrill, 1917). Посевные площади этой культуры постоянно увеличиваются как в области, так и в стране. На 2019 г. посевами сои в Амурской области было занято 865 тыс. га, что составляло 28 % от общероссийских показателей [22].

К 2023 г. площадь посевов сои увеличилась до 898,7 тыс. га, а в 2024 г. – до 900 тыс. га; при этом доля в общероссийских площадях данной культуры упала в 2024 г. до 22,5 %, что связано с большим интересом к данной культуре в стране и в мире (данные Центра агроаналитики).

В настоящее время в специальной литературе указывается 6 видов пядениц, отмеченных на сое, 5 из которых известны на территории Амурской области:

B. betularia [23–27];

A. selenaria [23–25, 27, 28];

C. clathrata [28];

P. comitata [23, 25];

I. arenacearia [24–26].

Шестой вид (*Scopula emissaria* (Walker, 1861)) вредит на юге Китая и в Индии, на территории Амурской области неизвестен [29].

Пяденицы не указываются в качестве вредителей культурных злаков. Из 37 видов пядениц Амурской области с известными трофическими предпочтениями только 6 (1,8 %) способны развиваться на растениях семейства Poaceae: *Siona lineata* (Scopoli, 1763); *Idaea aversata* (Linnaeus, 1758); *Idaea muricata* (Hufnagel, 1767); *Scopula immutata* (Linnaeus, 1758); *Scopula nigropunctata* (Hufnagel, 1767) и *Scopula virgulata* ([Denis & Schiffermüller], 1775) [30].

За период наблюдений с 2017 по 2024 гг. в посевах культурных злаков (зеленый пар) на территории Зейско-Бурейской равнины была обнаружена одна гусеница *S. lineata* в окрестностях п. Ека-

теринославка на растении костра безостого (*Bromus inermis* Leysser, 1761), доведенная до окукливания. Бабочка погибла в куколке.

В общей сложности, в качестве вредителей в различных изданиях указывается 42 вида пядениц, встречающихся на территории Амурской области. Фотографии данных видов показаны на рисунке 1 (номера, обозначенные на рисунке 1, соответствуют нумерации приведенного ниже перечня видов; 12а и 12б представляют цветочные формы, в остальных случаях: а – ♂; б – ♀):

1. *Cabera pusaria* (Linnaeus, 1758).
2. *Cystidia couaggaria* (Guenée, 1858).
3. *Odontopera bidentata* (Clerck, 1759).
4. *Selenia tetralunaria* (Hufnagel, 1767).
5. *Plagodis dolabraria* (Linnaeus, 1767).
6. *Ennomos autumnaria* (Werneburg, 1859).
7. *Hylaea fasciaria* (Linnaeus, 1758).
8. *Angerona prunaria* (Linnaeus, 1758).
9. *Ascotis selenaria* ([Denis & Schiffermüller], 1775).
10. *Ectropis crepuscularia* ([Denis & Schiffermüller], 1775).
11. *Erannis golda* (Djakonov, 1929).
12. *Erannis jacobsoni* (Djakonov, 1926).
13. *Bupalus piniaria* (Linnaeus, 1758).
14. *Biston betularia* (Linnaeus, 1758).
15. *Jankowskia athleta* (Oberthür, 1884).
16. *Lycia hirtaria* (Clerck, 1759).
17. *Lycia pomonaria* (Hübner, 1790).
18. *Hypomecis punctinalis* (Scopoli, 1763).
19. *Ematurga atomaria* (Linnaeus, 1758).
20. *Deileptenia ribeata* (Clerck, 1759).
21. *Paradarisa consonaria* (Hübner, 1799).
22. *Alcis medialbifera* (Inoue, 1972).
23. *Abraxas grossulariata* (Linnaeus, 1758).
24. *Abraxas fulvobasalis* (Warren, 1894).
25. *Isturgia arenacearia* ([Denis & Schiffermüller], 1775).
26. *Macaria liturata* (Clerck, 1759).
27. *Macaria notata* (Linnaeus, 1758).
28. *Macaria signaria* (Hübner, 1809).

29. *Chiasmia clathrata* (Linnaeus, 1758).
30. *Naxa seriaria* (Motschulsky, 1866).
31. *Orthonama obstipata* (Fabricius, 1794).
32. *Pelurga comitata* (Linnaeus, 1758).
33. *Gandaritis fixseni* (Bremer, 1864).
34. *Epirrita autumnata* (Borkhausen, 1794).
35. *Operophtera brunnea* (Nakajima, 1991).
36. *Operophtera peninsularis* (Djakonov, 1931).
37. *Rheumaptera hastata* (Linnaeus, 1758).
38. *Eupithecia abietaria* (Goeze, 1781).
39. *Eupithecia gigantea* (Staudinger, 1897).
40. *Eupithecia indigata* (Hübner, 1813).
41. *Eupithecia lanceata* (Hübner, 1825).
42. *Scopula impersonata* (Walker, 1861).

Из приведенного списка указанные *C. pusaria*, *L. pomonaria*, *P. consonaria*, *D. ribeata*, *A. grossulariata*, *E. autumnata*, *O. peninsularis* и *E. lanceata* известны на территории Амурской области по единичным экземплярам, что говорит об их избирательности к местообитаниям и неспособности в условиях региона к массовому размножению. Виды *H. fasciaria*, *O. peninsularis*, *N. seriaria*, *G. fixseni*, *O. brunnea*, *E. gigantea* в Амурской области находятся на границе своих ареалов и заметной численности не достигают.

Вид *G. fixseni*, кроме прочего, трофически связан с актинидией (*Actinidia kolomikta* (Maximowicz & Ruprecht) Maximowicz, 1859), которая, в свою очередь, в Амурской области находится на северо-западной границе своего ареала, часто вымерзает, весьма слабо плодоносит и хозяйственного значения не имеет. *O. obstipata* и *S. impersonata* указываются в одном источнике. В собственных сборах вредителей сельского хозяйства эти виды не отмечены, их вредоносность требует дополнительных исследований.

Виды *O. bidentata*, *S. tetralunaria*, *P. dolabraria*, *E. autumnaria*, *A. prunaria*, *E. crepuscularia*, *E. golda*, *J. athleta*, *L. hirtaria*, *E. atomaria*, *A. medialbifera*, *A. fulvobasalis*, *M. liturata*, *M. signaria* и *E. indigata* имеют широкое распростра-



1



2



3



4



5



6



7



8a



8b



9



10



11



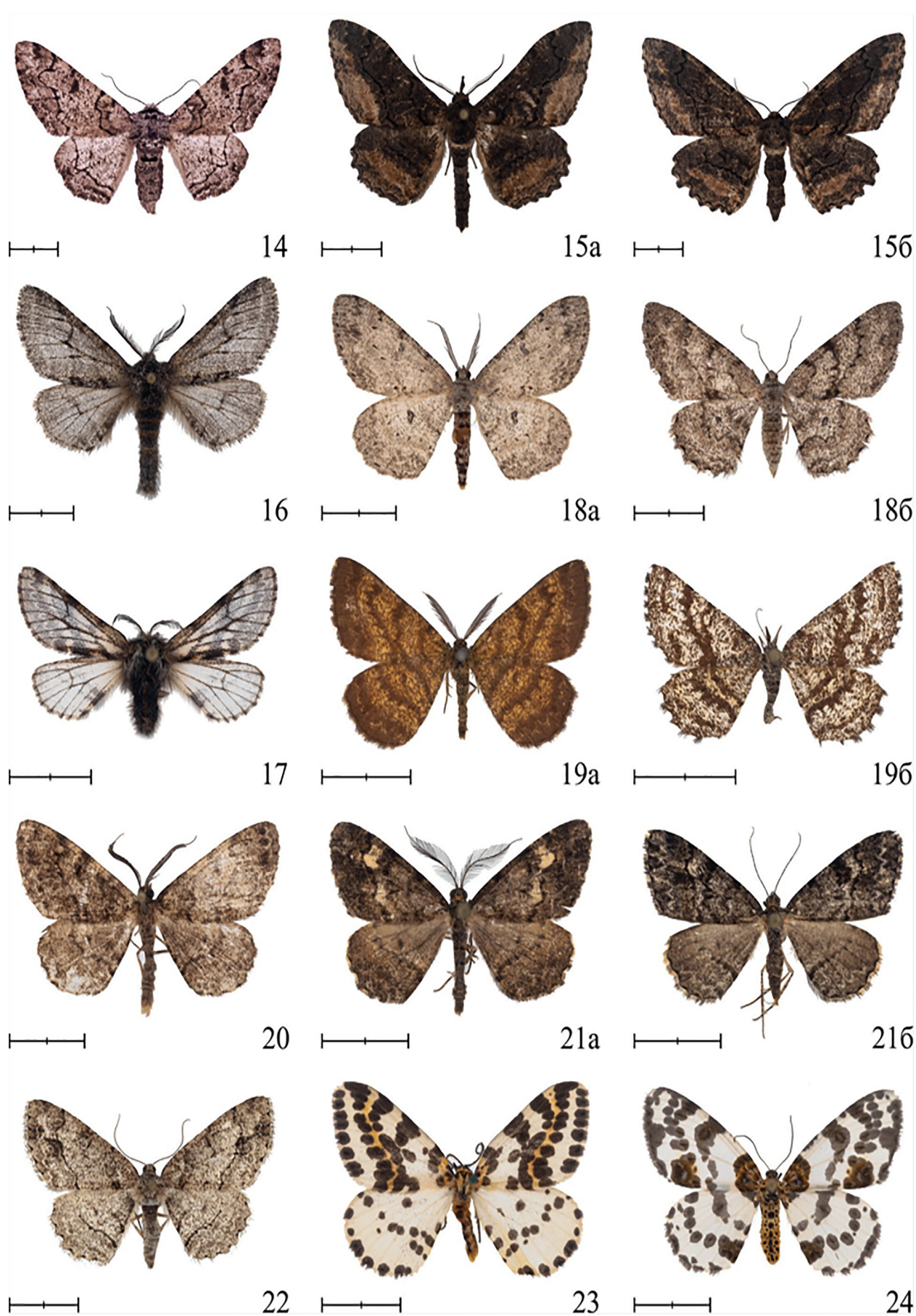
12a

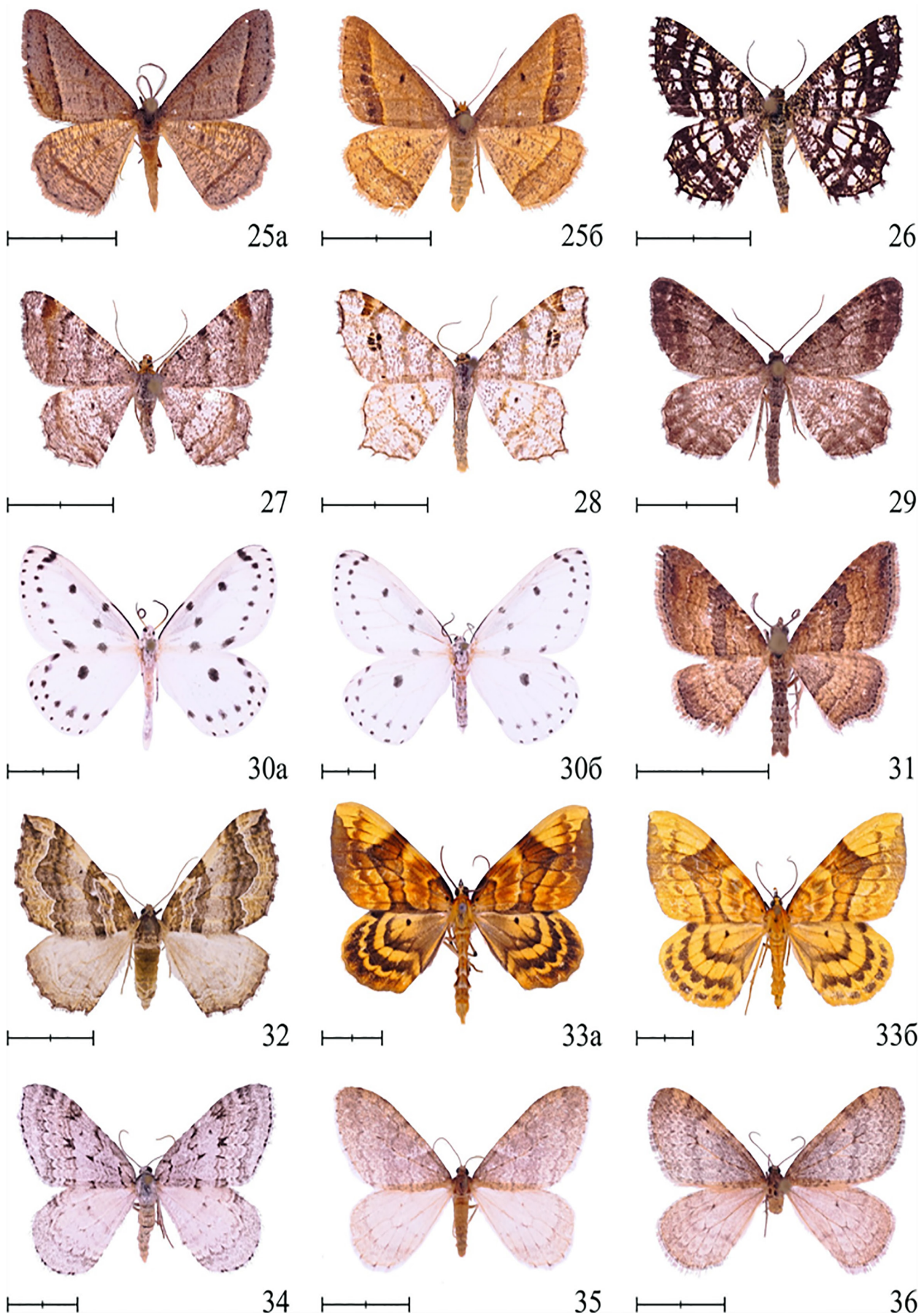


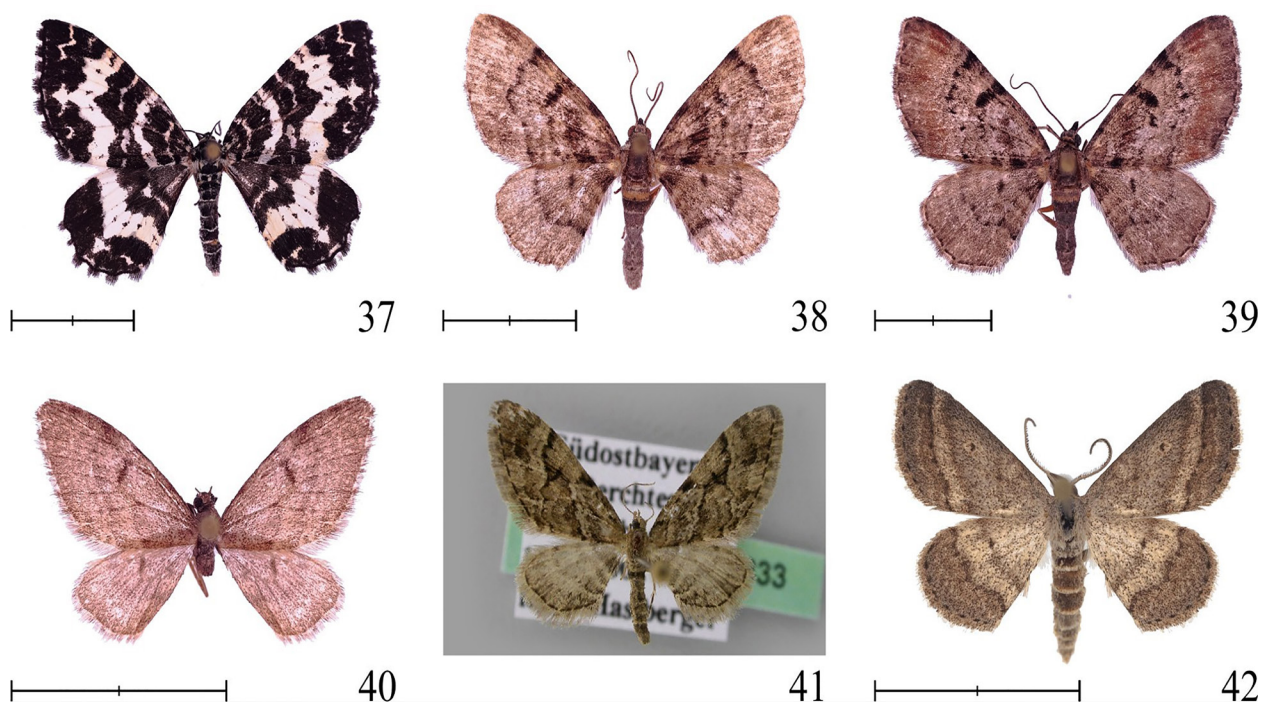
12b



13







фотографии 1 и 41 заимствованы с сайта <https://v3.boldsystems.org/photos/1> and 41 are borrowed from the website <https://v3.boldsystems.org/photos/41>

Рисунок 1 – Виды пядениц, встречающиеся на территории Амурской области
Figure 1 – Geometrid moths species found in the Amur region

нение в Амурской области и в отдельные годы встречаются в значительных количествах. Однако за счет обширности трофических связей они не способны наносить заметный вред каким-либо отдельным видам растений.

Виды *E. jacobsoni* и *M. notata*, которые в других регионах России указываются как вредители, в Амурской области приурочены к марям и светлохвойной тайге, имеющей низкое хозяйственное значение; вспышек их массового размножения здесь не отмечено.

Из видов, имеющих более узкие трофические связи, *E. abietaria* и *E. gigantea* встречаются в сообществах с присутствием темнохвойных пород, которые идут в примесь на юге области и в горных районах. *R. hastata* предпочитает молодые березовые колки на марях и пожарищах. Тогда как *C. couaggaria* потенциально способен вредить плодовым, однако в Амурской области отмечался только на черемухе (*Prunus padus* Linnaeus, 1753), предпочитая пойменные леса. Все четыре вида способны наносить локальный

вред отдельным деревьям или небольшим группам деревьев, при этом их общее хозяйственное значение ничтожно.

Сосновая пяденица *B. piniaria*, несмотря на ее однозначное причисление к серьезным вредителям леса, за весь период наблюдений ни разу не дала заметной вспышки размножения, в то же время в 2010–2011 гг. на свет в сосновом лесу в окрестностях турбазы «Мухинка» не прилетело ни одной бабочки. Относительно низкая численность данного вида вероятно связана с отсутствием в Амурской области крупных естественных массивов сосны обыкновенной. По территории Амурской области проходит граница ареалов двух видов сосны – обыкновенной (*Pinus sylvestris* Linnaeus, 1753) и корейской (*Pinus koraiensis* Siebold & Zuccarini, 1842) и оба вида находятся на границе своих ареалов (сосна обыкновенная на восточной границе, а сосна корейская на северо-западной). Площади, занятые сосняками, относительно невелики. На западе области на долю сосны обыкновенной приходится только 5,2 % древесной рас-

тительности; в то же время при движении на восток области доля этого вида падает до 0,1 % [31, 32], а в Архаринском районе сосна обыкновенная в естественных биотопах замещается сосной корейской. С сосной корейской трофически связан второй вид рода *Bupalus* – *B. vestalis* (Staudinger, 1897), известный из Приморского и с юга Хабаровского краев. В Амурской области данный вид не отмечен. В искусственных посадках сосны обыкновенной на востоке области вид *B. piniaria* не отмечался.

Гусеницы *C. clathrata* были найдены на сое в 2020 г. в Шимановском районе. Из 12 собранных гусениц 4 выкармливались листьями клевера (*Trifolium repens* Linnaeus, 1753) и доведены до имаго; остальные выкармливались листьями сои и погибли, не достигнув стадии куколки [23]. В данном случае питание листьями сои было обусловлено бедностью диких бобовых и случайным заносом оплодотворенной самки за пределы естественного ареала, а не расширением трофической базы. Соответственно причислять данный вид к вредителям нет оснований.

Виды *A. selenaria*, *B. betularia*, *I. arenacearia* и *P. comitata* указываются в основной литературе в качестве вредителей сои в Амурской области [23, 24]. При этом гусеницы *B. betularia* и *A. selenaria* регулярно встречаются в посевах сои и могут достигать плотности 5–7 экз. на площади 25 м². За период 2017–2024 гг. оба вида не проявляли тенденции к увеличению численности в агроценозах и приближению к экономическому порогу вредоносности. При массовом размножении *B. betularia* в 2019 г., в первую очередь увеличивалась плотность их гусениц в полевых защитных лесополосах, в то время как колебания численности в посевах сои обуславливались в основном погодными явлениями. В частности, ливневые дожди с шквальным ветром в 2020 и 2022 гг. уничтожали до 80 % гусениц, питающихся на растениях сои. Кроме того, наблюдения за численностью гусениц *B. betularia* в посевах сои выявили зависимость их плотности от видового состава древесной растительности полевых защитных лесополос. При преобладании в них березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukaczew, 1911) и при прочих равных условиях, плотность данных гусениц на растениях сои увели-

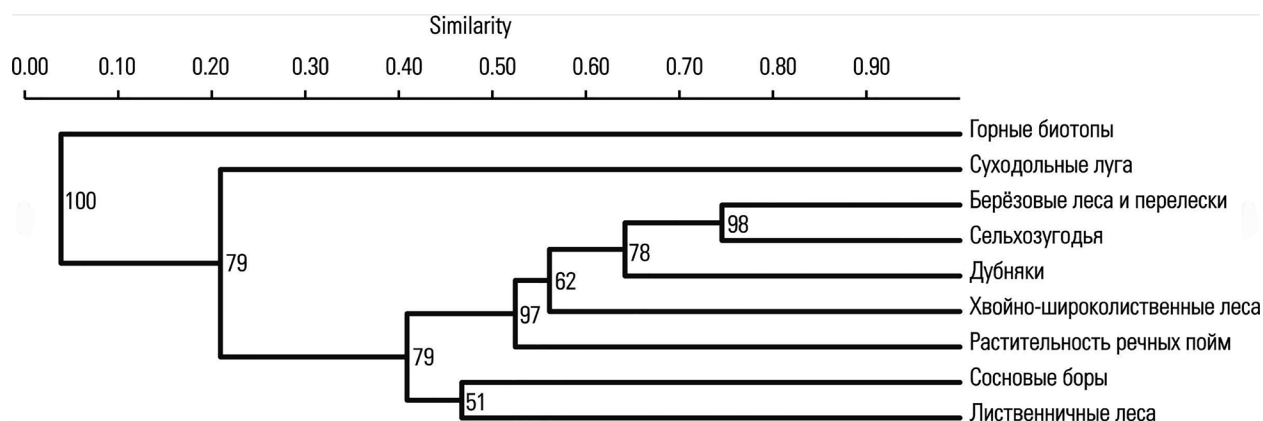
чивалась на 2,5–5 % по сравнению с полями, ограниченными лесополосами с преобладанием тополя душистого и других пород деревьев на расстоянии до 25 метров от лесополосы. Выраженных зависимостей плотности гусениц *A. selenaria* от видового состава растительности на прилегающих территориях выявлено не было; плотность с 2017 по 2024 гг. оставалась стабильно низкой, в пиковых значениях не превышая 59 экз. на площади 25 м².

I. arenacearia предпочитает местообитания с аридными локальными погодноклиматическими условиями. Этот вид может развиваться на листьях сои, но поскольку не склонен к миграциям, заселяет посевы только при непосредственном их контакте с сухими лугами.

Вид *P. comitata* в основном питается на стадии гусеницы бобовыми, однако неохотно употребляет грубые и опушенные листья сои. В посевах предпочитает более нежные листья сорных растений, таких как *Medicago sativa* Linnaeus, 1753, *Melilotus* sp., *Vicia* sp. и *Trifolium* sp. Гусеницы *P. comitata* и *I. arenacearia* на территории Амурской области в период с 2017 по 2024 гг. на сое отмечались единично и локально.

Представляет интерес происхождение фауны пядениц окультуренных территорий в Амурской области. При статистическом анализе сходства видовых списков различных типов ландшафтов, выполненном по формуле Кульчинского, первой отделяется ветвь горных биотопов (рис. 2).

При этом $Kk > 0,1$ указывает на крайне высокую специфичность данных местообитаний. Несколько менее ($Kk \approx 0,2$) специфичны суходольные луга. Прочие ландшафты образуют крупный макрокластер, в котором выделяются фауны светлохвойных лесов (сосняки и лиственничники) и лиственных лесов. Представляет интерес относительно высокое сходство фауны сельскохозяйственных угодий с фауной березовых лесов, дубняков и хвойно-широколиственных лесов, что указывает на происхождение видов-вредителей. По большей части эти виды представлены лесными видами с высокой стациальной гибкостью (дендро-тамно-хортобионты), перешедшие в посевы из близлежащих лиственных лесов, а не специфическими видами открытых пространств – луговые



коэффициент Кульчинского; метод кластеризации UPGMA;
бутстрап 1 000; в основании ветвей приведены бутстрап-значения
Kulchinsky coefficient; UPGMA clustering method;
bootstrap 1,000; bootstrap values are given at the base of the branches

**Рисунок 2 – Дендрограмма анализа сходства
видового состава пядениц по типам ландшафтов Амурской области**
**Figure 2 – Dendrogram of the analysis of similarity
of the species composition of geometrid moths by landscape types in the Amur region**

и степные хортобионты, характерные для участков ксерофильной растительности и суходольных лугов.

Заключение. Из 42 видов пядениц, способных наносить вред сельскому и лесному хозяйству в иных регионах, два вида (*Ascotis selenaria* и *Biston betularia*) могут считаться второстепенными вредителями сои в Амурской области. Виды *Erannis jacobsoni* и *Bupalus piniaria* теоретически могут наносить незначительный вред лесному хозяйству, но за период наблюдений ни разу не достигли заметной численности.

Широта трофических связей гусениц пядениц при стациальной приуроченности имаго позволяет предполагать преимущество локальных погодно-климатических, эдафических и орографических факторов над трофическим. При наличии необходимых условий существования пяденицы заселяют биотоп и употребляют в пищу те виды растений, которые в данном местообитании присутствуют.

При нарушении заселенных биотопов и начале сельскохозяйственной деятельности пяденицы остаются на привычной территории, переходя в том числе на культурные растения. В отличие от типичных вредителей, которые при увеличении плотности растения-хозяина дают вспышку численности и начинают наносить вред, пяденицы в окультуренных ландшафтах сохраняют плотность, близкую к естественной.

Отмеченные в европейских странах и в западной части России вспышки размножения отдельных видов пядениц-дендробийонтов для Амурской области нехарактерны; вред наносимый лесному хозяйству ниже статистической погрешности. Таким образом, целенаправленная борьба с пяденицами как в лесном, так и в сельском хозяйстве Амурской области нецелесообразна, так как спасенная часть продукции не окупает средства, затраченные на мероприятия по защите растений.

Список источников

1. Беляев Е. А., Миронов В. Г. Geometridae // Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России / под ред. С. Ю. Синева. СПб. : Зоологический институт РАН, 2019. С. 235–281.
2. Belyaev E. A. Two new for Russia geometrid moths (Lepidoptera: Geometridae) from Primorsky kraj: recent immigrants or rare species? // Far Eastern Entomologist. 2021. No. 443. P. 1–5. EDN RXPBRU.

3. Belyaev E. A., Knyazev S. A. New discoveries of Geometridae (Lepidoptera) from the extreme southwest of the Russian Far East – result of climate impact? // *Acta Biologica Sibirica*. 2021. Vol. 7. P. 559–572. doi: 10.3897/abs.7.e78598.
4. Belyaev E. A. Identification and misidentifications in the genus *Inurois* (Lepidoptera: Geometridae) with description of a new species // *Far Eastern Entomologist*. 2022. No. 461. P. 1–23.
5. Belyaev E. A., Vasilenko S. V., Dubatolov V. V., Zinchenko V. K. First data on autumn Geometridae (Lepidoptera) on the Kuril Islands // *Amurian Zoological Journal*. 2023. Vol. 15. No. 3. P. 679–690.
6. Belyaev E. A., Titova O. L. New data on geometroid moths (Lepidoptera: Geometroidea: Uraniidae and Geometridae) from Sakhalin and Moneron islands with notes on their taxonomy, distribution and ecology // *Zootaxa*. 2023. No. 5369 (1). P. 1–41.
7. Rybalkin S. A., Belyaev E. A. First data on the spring geometrid moths (Lepidoptera: Geometridae) of Kunashir Island, South Kuriles // *Far Eastern Entomologist*. 2023. No. 482. P. 22–32.
8. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software Package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001. No. 4 (1). P. 1–9.
9. Кулагин Н. М. Энтомология. Вредные насекомые и меры борьбы с ними. М., 1906. 400 с.
10. Холодковский Н. А. Курс энтомологии теоретической и прикладной. Том III. М., 1927–1931. 496 с.
11. Богданов-Катьков Н. Н. Краткий учебник энтомологии. М. : Госиздат, 1930. 535 с.
12. Ильинский А. И. Определитель вредителей леса. М. : Сельхозиздат, 1962. 392 с.
13. Воронцов А. И., Семенова И. Г. Лесозащита : учебник. М. : Сельскохозяйственная литература, 1963. 524 с.
14. Коломиец Н. Г., Артамонов С. Д. Чешуекрылые – вредители березовых лесов. Новосибирск : Наука, 1985. 128 с.
15. Мищенко А. И. Насекомые – вредители полевых и овощных культур Дальнего Востока. Хабаровск, 1940. 194 с.
16. Мищенко А. И. Насекомые – вредители сельскохозяйственных растений Дальнего Востока. Хабаровск, 1957. 205 с.
17. Куликова Л. С. Вредители сои в Приморском крае // Фауна и экология насекомых Дальнего Востока / под ред. З. А. Коновалова. Владивосток : Дальневосточный филиал Сибирского отделения АН СССР, 1968. С. 108–119.
18. Болдаруев В. О. Пяденица Якобсона – *Erannis jacobsoni* Djak (Lepidoptera, Geometridae) в лесах Бурятии // Главнейшие вредители древесных и кустарниковых пород Забайкалья : сб. ст. Улан-Удэ, 1969. С. 3–20.
19. Болдаруев В. О. Пяденица Якобсона – *Erannis jacobsoni* Djak (Lepidoptera, Geometridae) серьезный вредитель лиственницы в Забайкалье // Энтомологическое обозрение. 1972. № 51 (1). С. 47–58.
20. Беляев Е. А. Семейство Geometridae – Пяденицы // Бабочки – вредители сельского и лесного хозяйства Дальнего Востока : определитель. Владивосток : Дальневосточное отделение АН СССР, 1988. С. 147–150.
21. Беляев Е. А. Семейство Geometridae – Пяденицы // Насекомые – вредители сельского хозяйства Дальнего Востока : определитель. Владивосток : Дальнаука, 1995. С. 147–150.
22. Синеговский М. О., Кузьмин А. А. Состояние, перспективы и фитосанитарные риски производства сои // Защита и карантин растений. 2020. № 10. С. 7–12.
23. Мащенко Н. В. Насекомые-вредители сои в Приамурье. Новосибирск : Сибирское отделение ВАСХНИЛ, 1984. 62 с.
24. Мащенко Н. В. Фитосанитарный мониторинг сои. Благовещенск : Зея, 2008. 94 с.

25. Кузьмин А. А. Пяденицы (Lepidoptera: Geometridae) – вредители сои в Амурской области // XV Съезд Русского энтомологического общества : материалы съезда. Новосибирск : Грамонд, 2017. С. 274–275. EDN ZQRKVP.
26. Кузьмин А. А. Бабочки (Lepidoptera) – вредители сои в Амурской области // Агрономия. 2023. Т. 1. № 3. С. 39–50. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-3-39-50>.
27. Кузьмин А. А., Анисимов Н. С. Вредители сои в Амурской области, их распространение и стациональная приуроченность // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Т. 18. № 2. С. 42–54. EDN WRKVUW.
28. Кузьмин А. А. История изучения пядениц (Lepidoptera, Geometridae) Амурской области // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. Владивосток : Дальнаука, 2023. Вып. 34. С. 36–50. <https://doi.org/10.25221/kurentzov.34.3>.
29. Chen Q. E., Bai J. K., Shi Y. B. An illustrated handbook of soybean diseases and insect pests in China. Changchun : Jilin Science and Technology Press, 1987. 103 p.
30. Беляев Е. А. Семейство Geometridae – Пяденицы // Аннотированный каталог насекомых России. Том 2. Чешуекрылые / под ред. А. С. Лелей. Владивосток : Дальнаука, 2016. С. 518–666. EDN WQUNDZ.
31. Зубов Ю. П. Леса Амурской области. Благовещенск : Хабаровское книжное издательство, 1967. 116 с.
32. Типы сосновых и лиственных лесов Амурской области / под ред. Т. Ф. Емолкиной. Благовещенск : Амурпролиграфиздат, 1984. 66 с.

References

1. Belyaev E. A., Mironov V. G. Geometridae. In.: Sinev S. Yu. (Eds.). *Catalog of Lepidoptera of Russia*, Saint-Petersburg, Zoologicheskii institut RAN, 2019, P. 235–281 (in Russ.).
2. Belyaev E. A. Two new for Russia geometrid moths (Lepidoptera: Geometridae) from Primorsky krai: recent immigrants or rare species? *Far Eastern Entomologist*, 2021;443:1–5. EDN RXPBRU.
3. Belyaev E. A., Knyazev S. A. New discoveries of Geometridae (Lepidoptera) from the extreme southwest of the Russian Far East – result of climate impact? *Acta Biologica Sibirica*, 2021;7:559–572. doi: 10.3897/abs.7.e78598.
4. Belyaev E. A. Identification and misidentifications in the genus *Inurois* (Lepidoptera: Geometridae) with description of a new species. *Far Eastern Entomologist*, 2022;461:1–23.
5. Belyaev E. A., Vasilenko S. V., Dubatolov V. V., Zinchenko V. K. First data on autumn Geometridae (Lepidoptera) on the Kuril Islands. *Amurian Zoological Journal*, 2023;15;3:679–690.
6. Belyaev E. A., Titova O. L. New data on geometroid moths (Lepidoptera: Geometroidea: Uraniidae and Geometridae) from Sakhalin and Moneron islands with notes on their taxonomy, distribution and ecology. *Zootaxa*, 2023;5369(1):1–41.
7. Rybalkin S. A., Belyaev E. A. First data on the spring geometrid moths (Lepidoptera: Geometridae) of Kunashir Island, South Kuriles. *Far Eastern Entomologist*, 2023;482:22–32.
8. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001;4(1):1–9.
9. Kulagin N. M. *Entomology. Harmful insects and control measures*, Moscow, 1906, 400 p. (in Russ.).
10. Kholodkovskii N. A. *The course of theoretical and applied entomology. Vol. III*, Moscow, 1927–1931, 496 p. (in Russ.).
11. Bogdanov-Kat'kov N. N. *A short textbook of entomology*, Moscow, Gosizdat, 1930, 535 p. (in Russ.).
12. Ilyinsky A. I. *Forest Pest Detector*, Moscow, Sel'khozizdat, 1962, 392 p. (in Russ.).
13. Vorontsov A. I., Semenkova I. G. *Forest protection: textbook*, Moscow, Sel'skokhozyaistvennaya literatura, 1963, 524 p. (in Russ.).

14. Kolomiets N. G., Artamonov S. D. *Lepidoptera – pests of birch forests*, Novosibirsk, Nauka, 1985, 128 p. (in Russ.).
15. Mishchenko A. I. *Insect pests of field and vegetable crops of the Far East*, Khabarovsk, 1940, 194 p. (in Russ.).
16. Mishchenko A. I. *Insect pests of agricultural plants of the Far East*, Khabarovsk, 1957, 205 p. (in Russ.).
17. Kulikova L. S. Soybean pests in Primorsky krai. In.: Konovalov Z. A. (Eds.). *Fauna and ecology of insects of the Far East*, Vladivostok, Dal'nevostochnyi filial Sibirskogo otdeleniya AN SSSR, 1968, P. 108–119 (in Russ.).
18. Boldaruev V. O. *Erannis jacobsoni* Djak (Lepidoptera, Geometridae) in the forests of Buryatia. Proceedings from *Glavneishie vrediteli drevesnykh i kustarnikovykh porod Zabaikal'ya*. (PP. 3–20), Ulan-Ude, 1969 (in Russ.).
19. Boldaruev V. O. *Erannis jacobsoni* Djak. (Lepidoptera, Geometridae) is a serious pest of larch in Transbaikalia. *Entomologicheskoe obozrenie*, 1972;51(1):47–58 (in Russ.).
20. Belyaev E. A. The family Geometridae – Pyadenitsy. In.: *Butterflies are pests of agriculture and forestry in the Far East*, Vladivostok, Dal'nevostochnoe otdelenie AN SSSR, 1988, P. 147–150 (in Russ.).
21. Belyaev E. A. The family Geometridae – Pyadenitsy. In.: *Insect pests of agriculture in the Far East: a determinant*, Vladivostok, Dal'nauka, 1995, P. 147–150 (in Russ.).
22. Sinegovsky M. O., Kuzmin A. A. The state, prospects and phytosanitary risks of soybean production. *Zashchita i karantin rastenii*, 2020;10:7–12 (in Russ.).
23. Mashchenko N. V. *Insect pests of soybeans in the Amur region*, Novosibirsk, Sibirskoe otdelenie VASKhNIL, 1984, 62 p. (in Russ.).
24. Mashchenko N. V. *Phytosanitary monitoring of soybeans*, Blagoveshchensk, Zeya, 2008, 94 p. (in Russ.).
25. Kuzmin A. A. Geometrid moths (Lepidoptera: Geometridae) are pests of soybeans in the Amur region. Proceedings from *XV Congress of the Russian Entomological Society*. (PP. 274–275), Novosibirsk, Gramond, 2017 (in Russ.).
26. Kuzmin A. A. Moths (Lepidoptera) are pests of soybeans in the Amur region. *Agronauka*, 2023;1;3:39–50. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-3-39-50> (in Russ.).
27. Kuzmin A. A., Anisimov N. S. Soybean pests in the Amur region, their distribution and stationarity. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2024;18;2:42–54. EDN WRKVUW (in Russ.).
28. Kuzmin A. A. History of the study of Geometrid moths (Lepidoptera, Geometridae) of the Amur region. In.: *Readings in memory of Alexei Ivanovich Kurentsov. Issue 34*, Vladivostok, Dal'nauka, 2023, P. 36–50 <https://doi.org/10.25221/kurentzov.34.3> (in Russ.).
29. Chen Q. E., Bai J. K., Shi Y. B. An illustrated handbook of soybean diseases and insect pests in China, Changchun, Jilin Science and Technology Press, 1987, 103 p.
30. Belyaev E. A. The family Geometridae – Geometrid moths. In.: Leley A. S. (Eds.). *The annotated catalogue of insects of Russia. Vol. 2. Lepidoptera*, Vladivostok, Dal'nauka, 2016, P. 518–666 EDN WQUNDZ (in Russ.).
31. Zubov Yu. P. *Forests of the Amur region*, Blagoveshchensk, Khabarovskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1967, 116 p. (in Russ.).
32. Emolkina T. F. (Eds.). *Types of pine and larch forests of the Amur region*, Blagoveshchensk, Amurprolografizdat, 1984, 66 p. (in Russ.).

© Кузьмин А. А., 2025

Статья поступила в редакцию 21.02.2025; одобрена после рецензирования 15.03.2025; принята к публикации 16.04.2025.

The article was submitted 21.02.2025; approved after reviewing 15.03.2025; accepted for publication 16.04.2025.

Информация об авторе

Кузьмин Александр Александрович, старший научный сотрудник группы защиты растений лаборатории земледелия, агрохимии и защиты растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0003-2228-2451, SCOPUS: 57220651019, Author ID: 818979, bianor@yandex.ru

Information about the author

Alexander A. Kuzmin, Senior Researcher at the Plant Protection Group of the Laboratory of Agriculture, Agrochemistry and Plant Protection, All-Russian Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0003-2228-2451, SCOPUS: 57220651019, Author ID: 818979, bianor@yandex.ru

Научная статья

УДК 631.544.7

EDN NKUMDK

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-44-51>

Оценка полимерных материалов для использования в растениеводстве и ландшафтном дизайне

Татьяна Павловна Платонова¹, Антонина Павловна Пакусина²

¹ Амурский государственный университет, Амурская область, Благовещенск, Россия

² Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ platonova.t00@mail.ru, ² pakusina.a@yandex.ru

Аннотация. В статье приводится анализ современных полимерных материалов, которые нашли широкое применение для мульчирования и укрытия растений от неблагоприятных погодных условий в растениеводстве, садоводстве и ландшафтной архитектуре. Даются рекомендации и перечислены правила использования поликарбонатных теплиц для получения высоких урожаев плодов и овощей. Для мульчирования наиболее широкое распространение получили агроволокно, агроткань и мульчирующая пленка. При выборе из огромного набора полимерных мульчирующих и укрывных материалов необходимо учитывать потребности и свойства материалов. Представленная статья представляет практическую значимость для фермеров и садоводов.

Ключевые слова: полимеры, поликарбонат, нетканые материалы, лутрасил, спанбонд, укрывные материалы

Для цитирования: Платонова Т. П., Пакусина А. П. Оценка полимерных материалов для использования в растениеводстве и ландшафтном дизайне // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 44–51. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-44-51>.

Original article

Evaluation of polymer materials for crop production and landscape design

Tatyana P. Platonova¹, Antonina P. Pakusina²

¹ Amur State University, Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

² Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ platonova.t00@mail.ru, ² pakusina.a@yandex.ru

Abstract. The article provides an analysis of modern polymer materials. Polymers are widely used for mulching and sheltering plants from adverse weather conditions in crop production, horticulture and landscape architecture. This paper provides recommendations and lists the rules for using polycarbonate greenhouses to obtain high yields of fruits and vegetables. Agrotexile, landscape fabric and mulching film are the most widely used for mulching. When choosing from a huge range of polymer mulching and covering materials, it is necessary to take into account the needs and properties of the materials. The presented article is of practical importance for farmers and gardeners.

Keywords: polymers, polycarbonate, nonwovens, lutrasil, spunbond, covering materials

For citation: Platonova T. P., Pakusina A. P. Evaluation of polymer materials for crop production and landscape design. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:44–51 (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-2-44-51>.

Введение. Полимерные материалы широко используются для мульчирования и укрытия растений от неблагоприятных погодных условий в растениеводстве, ландшафтном проектировании, садоводстве. Эффективность использования пленок из полиэтилена (ПЭ), поливинилхлорида (ПВХ), сополимера этилен винилацетата (СЭВА) в качестве материалов, используемых для изготовления теплиц, была показана еще в 70-е гг. XX в. Использование полимерных пленок в цветоводстве в ранневесенний период было элементом энергосберегающей технологии и позволяло в простейших сооружениях, в условиях юга нашей страны получать цветы на 8–20 дней раньше, чем в открытом грунте [1].

В настоящее время при огромном выборе полимерных мульчирующих и укрывных материалов и широкой рекламе товара зачастую отсутствуют рекомендации для фермеров и садоводов по их использованию. Сельскохозяйственные товаропроизводители при закупке нетканых материалов должны знать их достоинства и недостатки, поскольку неправильное использование агроволокна, агротканей может привести к потере урожая и снижению рентабельности. Полимеры при воздействии УФ-лучей, высоких и очень низких температур могут разрушаться и приводить к загрязнению почв микропластиком, поэтому требуется обратить внимание на грамотное использование полимерных материалов.

Целью работы явилась оценка полимерных материалов для использования в растениеводстве, садоводстве и ландшафтной архитектуре.

Результаты исследований и их обсуждение. Сегодня самыми удобными в использовании являются теплицы из поликарбоната. Поликарбонаты – это группа термопластов, сложные полиэфиры угольной кислоты и двухатомных спиртов, общей формулы $(-O-R-O-CO-)_n$. Наибольшее значение имеет поликарбонат на основе Бисфенола А, синтезируемого конденсацией фенола и ацетона.

Поликарбонат обладает уникальными свойствами: прозрачный, легкий, прочный, гибкий, долговечный (при наличии ультрафиолетового защитного слоя). Готовый поликарбонат является пустоте-

лым материалом. Если посмотреть на него в разрезе, то он будет выглядеть в виде двух или более тонких листов, связанных между собой перегородками. Такая структура напоминает пчелиные соты. Поэтому полимер получил название «сотовый» или ячеистый.

Выпускаются однокамерные и многокамерные листы с дополнительными ребрами жесткости для усиления прочности. Кроме того, производители могут использовать дополнительную градацию пластиковых панелей, которые различаются между собой по удельному весу и структурным особенностям. Стандартная ширина любого поликарбоната 2 100 мм, что обусловлено особенностями экструдеров, на которых происходит выдавливание плит из пластичной массы. Длина термопласта может быть от 6 000 до 12 000 мм. Толщина панелей – от 4 до 20 мм и более. Чем толще плита, тем выше параметры ее прочности и жесткости. На эти показатели может влиять количество стенок, составляющих структуру плит. Хуже всего гнутся пятислойные виды материала, имеющие прямые и наклонные переемы. В отличие от стекла, сотовый поликарбонат сохраняет целостность при сильных ударах, а если и трескается, то не рассыпается на мелкие осколки. Благодаря своей прочности, теплицы из поликарбоната могут выдерживать сильные ветровые нагрузки и действие атмосферных явлений.

Поликарбонат инертен ко многим соединениям, но его не рекомендуется использовать в контакте с цементом, метиловым спиртом, инсектицидными аэрозолями, герметиками на щелочи и уксусной кислоте. Он может взаимодействовать со сложными эфирами, поливинилхлоридом и альдегидами. Нельзя обеззараживать поликарбонатные теплицы серными шашками, так как это приводит к коррозии металлических деталей теплицы и помутнению поликарбоната. Теплицу рекомендуют мыть мягкими моющими средствами. Панели поликарбоната имеют свойство не пропускать и не поглощать воду, поэтому незаменимы при сооружении кровельных конструкций. Однако из-за своей структуры лист сотового поликарбоната способен набирать влагу внутрь ячеек. Чтобы исключить эти процессы, плиты необходимо монтировать с применением специальных

крепежей и уплотнителей. Кромка листа должна быть закрыта клейкой защитной лентой, которая будет препятствовать попаданию влаги и конденсата в каналы.

Солнечный свет разрушает поликарбонат. Уже через 3 года от начала эксплуатации материал утрачивает прозрачность, становится более хрупким. Чтобы этого не происходило, в процессе экструзии наносится специальный УФ-защитный слой. При нанесении вся поверхность листа сотового поликарбоната покрывается стабилизирующим покрытием, которое сплавляется с основанием и не отслаивается во время использования материала. Слой УФ-защиты не влияет на светопропускаемость термопласта. Прозрачные плиты с покрытием могут пропускать до 90 % солнечных лучей. Благодаря воздушной прослойке, пластик имеет хорошую теплопроводность – от 4,1 Вт/(м²·К). Поэтому листы толщиной более 16 мм могут сравниться с двойным или даже тройным остеклением. Большая длина и ширина сотового поликарбоната позволяет покрывать значительные площади возводимых конструкций. Но при нагреве полимер может сильно расширяться. По этой причине укладка панелей в жару должна производиться вплотную друг к другу, а в холодное время года – с небольшим отступом.

Поликарбонатные плиты могут быть бесцветными и цветными. Прозрачные панели подходят для обустройства парниковых и тепличных хозяйств, а разноцветные актуальны при декоративном оформлении зданий (например, остекление в беседках, мансардах, козырьки над входом в здание). Благодаря современным технологиям производства, окрашенный материал сохраняет свои эстетические свойства. Это достигается за счет добавления красящего пигмента в сырье непосредственно перед экструзией. В результате лист приобретает стойкую, равномерную окраску, которая не выцветает под солнцем и не смывается дождем. Резать поликарбонат толщиной 10 мм можно ножовкой с мелкими зубьями или ножом. Поликарбонат большей толщины можно резать ленточной или циркулярной пилой. После разрезки необходимо очистить каналы плиты, проклеить ее края липкой лентой, чтобы исключить попадание в ячейки пыли и влаги. Иногда после резки сотово-

го поликарбоната требуется склеить панели между собой или соединить их с другими материалами – металлом, стеклом. В этих целях рекомендуется использовать полиуретановый клей, который обеспечит прочность швов между панелями. А при склеивании поликарбонатных панелей с другими материалами (например, с металлом) можно использовать эпоксидный или силиконовые клеи [2].

Для защиты от излишнего ультрафиолетового излучения для теплиц применяют *затеняющие сетки*. Сетки рассеивают прямые солнечные лучи внутри и снаружи теплиц, а также на открытом грунте. Средняя температура под сеткой снижается на 5–10 °С, свет равномерно проникает к растениям, тем самым ускоряя созревание урожая. Сетки могут быть различных цветов: белый, бежевый, зеленый, черный, красный, серый. Современная промышленность изготавливает сетки из полипропилена, а также смесовые, с добавлением материалов, улучшающих устойчивость полотна к низким температурам и продлевающих срок службы изделия.

Степень затенения – это показатель фильтрации солнечного света. Значение затенения зависит от плотности плетения: чем оно выше, тем лучше защищает от прямых солнечных лучей. Для овощных и ягодных культур и создания оптимальной температуры в теплице подойдут сетки с коэффициентом затенения 35–45 %. Для большинства огородных культур оптимальны сетки с коэффициентом затенения 60 %. Сетки с показателем затенения в 70–75 % используют для защиты хвойных пород деревьев, таких как тис, туя, можжевельник. Сетки устойчивы к УФ-излучению, сохраняют цвет, стойки к высоким температурам и осадкам. Затеняющие сетки защищают растения и урожай от птиц и непогоды в виде сильного ветра, проливного дождя и града.

Для мульчирования наиболее широкое распространение получили агроволокно, агроткань и мульчирующая пленка. Пленка изготавливается из полиэтилена, с добавлением УФ-стабилизаторов, которые обеспечивают материалу устойчивость к воздействию солнечного света. Она выпускается в черном, серебристо-черном и белом цвете с перфорацией или без отверстий. Имеет толщину 25 и 30 мкм. Шири-

на полотна – 1,2; 1,4 м. Способ поставки: рукав, полурукав, рулон. Одноразового использования. Ее часто применяют при выращивании садовой земляники. Черная пленка обеспечивает защиту от сорняков, предотвращает загрязнение ягод и появление серой гнили. Недостатком пленки является то, что она не пропускает воздух и воду. Поэтому пленку не применяют на плохо дренированной почве. Она укладывается только на грядку. Если пленка белая, то почва под ней плохо прогревается и остается холодной. Из-за отсутствия полной прозрачности для видимых лучей, возможно прорастание сорняков [3].

Агроволокно («спанбонд», «лутрасил», «агроспан») относится к нетканым материалам. Нетканые материалы – это текстильные изделия из нитей, соединенные между собой без применения методов ткачества или прядения. Технология производства таких полотен отличается простотой, низкой себестоимостью, разнообразием ассортимента. Нетканые материалы производятся из синтетических волокон полипропилена и полиэфира [4]. Основными производителями нетканых материалов в России являются АО «Комитекс» (г. Сыктывкар), ООО «Сибур-Геотекстиль» (г. Сургут), ООО «Номатекс» (пгт. Новая Майна, Ульяновская область), ЗАО «Холтекс-Авто» (Москва) [5].

Агроволокно для мульчирования производится плотностью 50 г/м² в черном и черно-белом цвете. Поставляется в пакетах или рулонах. Имеет многогранное использование. Нетканые материалы обладают пористой структурой. Обе стороны материала одинаковые, поэтому укладывать черные полотна можно любой стороной. Материал хорошо пропускает воздух и воду, на внутренней стороне не образуется конденсат.

Существует разница для двух- и трехслойных материалов. Например, у бело-черного мульчирующего материала сверху должна быть белая сторона, а черная – внизу. Только в этом случае материал будет защищать растения и их корни от перегрева и не давать прорасти сорнякам. Агроволокно достаточно плотный материал, но при перемещении тяжелых объектов может рваться. Поэтому в данном случае нужно выбирать более прочную агроткань.

Агроткань – тканый материал, изготавливается из полипропиленовых волокон с применением УФ-стабилизаторов. Изготавливается плотностью 70; 90; 100 г/м². Выпускается в черном, коричневом и зеленом цвете. Имеет многогранное использование, поставляется в рулонах. Агроткань применяют для застилания всей поверхности гряд, в том числе и междурядий. Она хорошо пропускает воду благодаря щелям между нитями, из которых она соткана. Не гниет при постоянном контакте с водой и не выделяет вредных веществ при нагревании. В ландшафтной архитектуре часто используют для мульчирования кору и декоративную отсыпку. Чтобы защитить посадки от сорняков, сначала их застилают агротканью или агроволокном, а потом корой или декоративной отсыпкой. Агроткань в данном случае использовать предпочтительнее, чем агроволокно, так как нетканые материалы способствуют уплотнению почвы.

Использование в качестве мульчи черной пленки и полипропиленовой агроткани имеет не только достоинства, но и недостатки. Например, недостатком при использовании этих материалов является формирование у голубики поверхностной корневой системы, что снижает ее устойчивость к недостатку влаги при засухе и морозах. При использовании черной пленки возникает перегрев почвы, и температура под пленкой может быть в 2,5 раза выше, чем окружающая среда. При повышении температуры в корнеобитаемом слое почвы выше 20 °C рост корней голубики останавливается. С целью предотвращения нагревания поверхности пленки покрывают слоем органической мульчи и через несколько лет голубика в ней формирует корни. Однако, во время засухи сформировавшиеся в органической мульче корни гибнут, и растения начинают суховершинить. В посадках наличие замульчированной полиэтиленовой пленки затрудняет проведение подкормок минеральными удобрениями. Материал является дорогостоящим, его укладка требует специальной техники [6].

Выявлено, что *мульча из резиновой крошки*, которую получают из отходов автомобильных шин, эффективно сдерживает рост сорной растительности, не токсична для голубики и нивелирует тем-

пературный режим корнеобитаемого слоя почвы. Но необходимы дополнительные исследования, прежде чем рекомендовать резиновую крошку для использования в садоводстве [7].

В ландшафтном проектировании используется *геотекстиль*. Он применяется для защиты газонов от сорняков, предотвращения разрастания корней кустарников. Геотекстиль применяют при создании дорожек в садах и парках, он сокращает траты на обслуживание ландшафтного благоустройства. Выделяют следующие виды геотекстиля: нетканое геополотно и тканый геотекстиль. Нетканое геополотно может быть термоскрепленным и иглопробивным. Термоскрепленный геотекстиль производится скреплением полимерных нитей воздействием высоких температур, а иглопробивной – соединением волокон с помощью иглопробивной машины. Иглопробивной геотекстиль обладает хорошими фильтрующими качествами. Тканый геотекстиль или геоткань производится как и текстильные изделия: полимерные нити переплетаются между собой, образуя прочное полотно, устойчивое к разрыву.

Геотекстиль изготавливают на основе полиэтилена, полипропилена, полиэфира и полиамидов. Самой прочной является полипропиленовое волокно. Полиэфирное волокно, как и полипропиленовое, имеет высокую прочность на разрыв, но оно менее устойчиво к химическому воздействию. На закисленных почвах его лучше не использовать, так как волокна будут постепенно разрушаться. Геотекстиль не трогают грызуны, птицы, насекомые. Он не разрушается плесенью и грибом.

Основные отличия геотекстиля от агроткани состоят в том, что геотекстиль предназначен для защиты почвы от эрозии, улучшения дренажной системы, а агроткань – для сохранения тепла и воздухопроницаемости. Агроткань более легкая и обеспечивает доступ солнечного света, а геотекстиль более прочный. Спанбонд сочетает в себе свойства геотекстиля и агроткани, обладает высокой прочностью, хорошей воздухопроницаемостью и защищает почву от эрозии [8].

Популярными являются нетканые укрывные материалы. *Лутрасил* – укрывной материал белого цвета малой и средней плотности, проницаем для света до

92 %, воды, воздуха. При этом он защищает растения от заморозков, вредителей, сильных ливней и жары. Лутрасил производится в Германии. Там весь текстиль из полипропилена называют лутрасилом. По показателям на лутрасил похож спанбонд, который выпускается в России. Лутрасил и спанбонд делятся на разные плотности.

В условиях Амурской области лутрасил и спанбонд (плотностью 60 г/м²) используются для укрытия садовой земляники на зиму. Лутрасил и спанбонд меньшей плотности (например, 17 г/м²) используют для накрытия с помощью дуг овощных культур с целью защиты от возвратных заморозков. Эти же материалы применяют для защиты урожая садовой земляники от птиц.

Производители выпускают укрывной материал в бело-красном и красно-желтом цветах. Они утверждают, что бело-красный укрывной материал обеспечивает растениям красный спектр света, который ускоряет рост, стимулирует раннее цветение и повышает урожайность культур. Красно-желтый укрывной материал не только ускоряет рост, но и защищает от вредителей. Внешний красный слой обеспечивает спектр света, в котором ускоряется развитие, а внутренний желтый – отвлекает на себя насекомых [9].

Но это не более чем маркетинговый ход. Установлено, что в условиях умеренно континентального климата Центрально-Черноземного региона РФ длительное укрытие (более 50 дней) растений земляники сортов Эльсанта и Вима Ксима укрывным материалом типа «Спанбонд» плотностью 17 г/м² вызывает специфические изменения жизнедеятельности. Для обоих сортов выявлено снижение показателя фотосинтетической активности листьев на 16–22 % под белым материалом, менее выраженное – под желтым (3–9 %). Показано, что такая реакция обусловлена оптическими свойствами укрытий, так как у желтого материала коэффициент пропускания на 7,2 % выше в красной области спектра и на 13,8 % ниже в синей области спектра по сравнению с белым [10].

Спанбонд плотностью 100 г/м² позволяет создавать эстетическое и функциональное воздушно-сухое укрытие для зимующих цветов (например, канадских роз и других декоративных, ягодных культур).

Установлено, что в условиях Центрально-Черноземного региона РФ укрытие на зиму агроволокном плотностью 45 г/м² плантации голубики высокорослой оказывает существенное влияние на состояние растений. Отмечены минимальные показатели подмерзания цветковых почек и однолетних побегов при сравнении с контролем [11].

Закключение. При выборе из огромного набора полимерных мульчирующих и укрывных материалов необходимо учитывать потребности и свойства материалов.

При выборе типа материала, как средства обеспечения оптимального гидротермического режима или защиты растений от вредителей, необходимо учитывать экранирующие и спектральные свойства укрытия.

В тех случаях, когда предполагается работа в условиях повышенной солнечной инсоляции, решающим является выбор плотности материала, который

бы обеспечил достаточную степень притенения и защиту фотосинтезирующего аппарата от фотоингибирования. Если вегетация растений происходит в условиях дефицита света, необходимо выбирать укрывные материалы минимальной плотности и со спектральными характеристиками, максимально близкими к оптимальному спектру ФАР.

Мульчирующие полимерные материалы имеют несомненные достоинства. Они защищают корни растений от пересыхания, сдерживают излишнее испарение, что позволяет сократить частоту поливов. Мульчирование синтетическими материалами поддерживает оптимальную температуру почвы, защищает от сорной растительности, позволяя свести к минимуму использование химических препаратов. Хотя черная пленка является универсальным средством, но новые нетканые материалы на основе полипропилена имеют большие достоинства и перспективны к применению.

Список источников

1. Козьменко Н. П. Результаты использования полимерных пленочных материалов в растениеводстве влажных тропиков // Субтропическое и декоративное садоводство. 2004. № 39–1. С. 210–218. EDN TSBSTT.
2. Милашевская Е. Сотовый поликарбонат – технические характеристики и свойства // Полигаль Восток. URL: <https://polygalvostok.ru/sotovyj-polikarbonat-chto-takoe/?ysclid=m3u2e5cty821704301> (дата обращения: 23.11.2024).
3. Пузевич К. Л., Коцуба В. И., Пузевич В. В. Филиппов А. И. Анализ способов мульчирования // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021. № 1 (20). С. 160–166. EDN AFERXX.
4. Трещалин М. Ю. Преимущества производства технического текстиля и нетканых материалов в России // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). 2018. № 1–1. С. 281–289. EDN YLSLXV.
5. Мухаметшин Д. Р., Хайруллин А. К. Основные виды и способы производства нетканых материалов в России // Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : материалы IV междунар. науч.-прак. конф. Пенза : Наука и Просвещение, 2018. С. 24–28. EDN YRWZWH.
6. Павловский Н. Б. Мульчирование насаждений голубики высокорослой // Земледелие и растениеводство. 2023. № 1. С. 53–56. EDN KJWTPH.
7. Krewer G., Ruter J., Ne Smith S., Clark J., Otts T., Scarborough S., Mullinix B. Performance of low cost organic materials as blueberry substrates and soil amendments // Acta Horticulturae. 2002. No. 574. P. 273–279. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.574.41>.
8. Что лучше геотекстиль или агроткань? // Лиантрэйд. URL: <https://liantrade.ru/blog/chto-luchshe-geotekstil-ili-agrotkan/> (дата обращения: 23.11.2024).
9. Нетканые укрывные и мульчирующие материалы для сада и огорода // Агротекс. URL: <https://golnk.ru/930WL> (дата обращения: 23.11.2024).

10. Будаговская О. Н., Козлова И. И. Особенности жизнедеятельности растений земляники при длительном укрытии нетканым материалом // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 4 (65). С. 64–70. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.64-70>. EDN XVLNYD.

11. Григорьева Л. В., Муханин И. В., Дорохова Е. В. Влияние зимнего укрытия насаждений голубики высокорослой агроволокном на состояние растений в условиях ЦЧР // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 3 (74). С. 17–21. EDN XHFRNO.

References

1. Kozmenko N. P. Results of the use of polymer film materials in crop production in the humid tropics. *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo*, 2004;39–1:210–218. EDN TSBSTT (in Russ.).

2. Milashevskaya E. Cellular polycarbonate – technical characteristics and properties. *Polygalvostok.ru* Retrieved from <https://polygalvostok.ru/sotovyj-polikarbonat-cto-takoe/?ysclid=m3u2e5cty821704301> (Accessed 23 November 2024) (in Russ.).

3. Puzevich K. L., Kotsuba V. I., Puzevich V. V., Filippov A. I. Analysis of mulching methods. *Konstruirovaniye, ispol'zovaniye i nadezhnost' mashin sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya*, 2021;1(20):160–166. EDN AFERXX (in Russ.).

4. Treshchalina M. Yu. The advantages of the production of technical textiles and nonwovens in Russia. *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX)*, 2018;1–1:281–289. EDN YLSLXV (in Russ.).

5. Muhametshin D. R., Hairullin A. K. The main types and methods of nonwovens production in Russia. Proceedings from Modern scientific research: current issues, achievements and innovations: *IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 24–28), Penza, Nauka i Prosveshchenie, 2018. EDN YRWZWH (in Russ.).

6. Pavlovsky N. B. Mulching of highbush blueberry plantations. *Zemledeliye i rasteniyevodstvo*, 2023;1:53–56. EDN KJWTPH (in Russ.).

7. Krewer G., Ruter J., Ne Smith S., Clark J., Otts T., Scarborough S., Mullinix B. Performance of low cost organic materials as blueberry substrates and soil amendments. *Acta Horticulturae*, 2002;574:273–279. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.574.41>.

8. Which is better geotextile or agrofabric? *Liantrade.ru* Retrieved from <https://liantrade.ru/blog/cto-luchshe-geotekstil-ili-agrotkan/> (Accessed 23 November 2024) (in Russ.).

9. Non-woven covering and mulching materials for garden and vegetable garden. *Agroteks.gexa.ru* Retrieved from <https://golnk.ru/930WL> (Accessed 23 November 2024) (in Russ.).

10. Budagovskaya O. N., Kozlova I. I. Characteristics of vital features of strawberry plants by long-term covering with non-woven material. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2018;4(65):64–70. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.64-70>. EDN XVLNYD (in Russ.).

11. Grigorieva L. V., Mukhanin I. V., Dorokhova E. V. The influence of agrofibre winter protection covering for highbush blueberry plantations on the plants growth in the conditions of the Central Chernozem region of Russia. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023;3(74):17–21. EDN XHFRNO (in Russ.).

© Платонова Т. П., Пакушина А. П., 2025

Статья поступила в редакцию 20.03.2025; одобрена после рецензирования 05.05.2025; принята к публикации 16.05.2025.

The article was submitted 20.03.2025; approved after reviewing 05.05.2025; accepted for publication 16.05.2025.

Информация об авторах

Платонова Татьяна Павловна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии и химической технологии, Амурский государственный университет, platonova.t00@mail.ru;

Пакурина Антонина Павловна, доктор химических наук, профессор кафедры экологии, почвоведения и агрохимии, Дальневосточный государственный аграрный университет, pakusina.a@yandex.ru

Information about the authors

Tatyana P. Platonova, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology, Amur State University, platonova.t00@mail.ru;

Antonina P. Pakusina, Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Ecology, Soil Science and Agrochemistry, Far Eastern State Agrarian University, pakusina.a@yandex.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 633.88:631.53.01

EDN LNFENA

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-52-62>

Особенности латентного периода *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Hallier

Кирилл Гаврилович Ткаченко¹, Наталья Алексеевна Тимченко²,
Наталья Александровна Юст³, Олеся Николаевна Щербакова⁴

¹ Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

^{2,3,4} Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ KTkachenko@binran.ru, ² timchenko-nat@mail.ru,

³ yustnatal@mail.ru, ⁴ olesya-2512@mail.ru

Аннотация. Виды рода плоскосемянника – *Prinsepia* (Rosaceae) в последние десятилетия привлекают внимание как источники вторичных метаболитов для производства новых лекарственных препаратов, а также как перспективные виды для городского озеленения. Размножение этих растений возможно только семенным путем. В этой связи проведены исследования и выполнена оценка качества костянок плоскосемянника китайского *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Hallier, собранных в Амурской области, Приморье и г. Санкт-Петербурге. Показано, что для повышения всхожести костянки следует перед посевом стратифицировать или скарифицировать. В первый год всхожесть достигает 90–100 %. Через три года хранения семена полностью теряют всхожесть.

Ключевые слова: хранение семян, всхожесть, стратификация, скарификация, рентгенокопия семян, озеленение, вторичные метаболиты

Благодарности: выражаем слова благодарности доктору биологических наук Т. А. Москалюк (Горно-Тажное, Уссурийский городской округ Приморского края) за предоставление дополнительного материала для исследований (плодов *Prinsepia sinensis* для анализов), а также Н. Е. Староверову и А. Ю. Грязнову (Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)) за помощь и консультации при проведении рентгеноскопического анализа костянок.

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического института имени В. Л. Комарова РАН по теме «История создания, состояние, потенциал развития живых коллекций растений Ботанического сада Петра Великого БИН РАН» (регистрационный номер 124020100075-2).

Для цитирования: Ткаченко К. Г., Тимченко Н. А., Юст Н. А., Щербакова О. Н. Особенности латентного периода *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Hallier // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 52–62. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-52-62>.

Original article

Characteristics of the latent period of *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Hallier

Kirill G. Tkachenko¹, Natalya A. Timchenko²,
Natalya A. Yust³, Olesya N. Shcherbakova⁴

¹ Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences

Saint-Petersburg, Russian Federation

^{2,3,4} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ KTkachenko@binran.ru, ² timchenko-nat@mail.ru,

³ yustnatal@mail.ru, ⁴ olesya-2512@mail.ru

Abstract. In recent decades, species of the genus *Prinsepia* (Rosaceae) have attracted attention as sources of secondary metabolites for the production of new drugs, as well as promising species for urban landscaping. Reproduction of these plants is possible only by seed. In this regard, studies and quality assessment of drupes of Chinese flatseed or *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Hallier collected in the Amur region, Primorye and St. Petersburg were conducted. It was shown that to increase germination, drupes should be stratified or scarified before sowing. In the first year, germination reaches 90–100%. After three years of storage, the seeds completely lose their germination.

Keywords: seed storage, germination, stratification, scarification, seed X-ray examination, greening, secondary metabolites

Acknowledgments: we would like to express our gratitude to Doctor of Biological Sciences T. A. Moskalyuk (Gorno-Tayozhnoye, Ussuriysk urban okrug, Primorsky krai, Russia) for providing additional material for the research (*Prinsepia sinensis* fruits for analysis); to N. E. Staroverov and A. Yu. Gryaznov (St. Petersburg Electrotechnical University "LETI" named after V. I. Ulyanov (Lenin)) for their assistance and consultations during the X-ray analysis of the drupes.

Funding: the work was carried out within the framework of the state assignment of Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences on the topic "History of creation, state, development potential of living plant collections of the Peter the Great Botanical Garden of the Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences" (registration number 124020100075-2).

For citation: Tkachenko K. G., Timchenko N. A., Yust N. A., Shcherbakova O. N. Characteristics of the latent period of *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Hallier. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:52–62 (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-2-52-62>.

Введение. Род *Prinsepia* (Rosaceae) включает всего 4 вида: *Prinsepia scandens* Hayata, *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Oliv. ex Bean, *Prinsepia uniflora* Batalin и *Prinsepia utilis* Royle; для последнего указываются три синонимических названия (*Prinsepia chinensis* Oliv. ex Kom. & Aliss.; *Prinsepia nanhutashanense* S. S. Ying и *Prinsepia utilis* Hayata) (приведено по данным: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Rosaceae/Prinsepia/>).

Современная таксономия данного вида несколько запутана. Так, в отечественной литературе этот вид – плоскосемянник китайский или принсепия китайская *Prinsepia chinensis* Oliv. ex Kom. & Aliss. (название *Prinsepia sinensis* Oliv. ex Kom. & Aliss. по данным сайта <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/rjp-13510> до 2013 г. является синонимом). В синонимы отнесены также следующие названия: *Plagiospermum sinense* Oliv.; *Sinoplagiospermum sinense* (Oliver) Rauschert.

По самым последним данным, этот вид назван как *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Hallier (<https://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0001009413>). Приведены следующие синонимические названия для плоскосемянника китайского: *Plagiospermum sinense* Oliv.; *Plagiospermum sinense* var. *oblonga* Skvortsov; *Plagiospermum sinense*

var. *rotunda* Skvortsov; *Prinsepia chinensis* Oliv. ex Kom. & Aliss.; *Sinoplagiospermum sinense* (Oliv.) Rauschert.

Вид *Prinsepia sinensis* занесен в Красную книгу России (категория статусов редкости и угрозы исчезновения – 2; сокращающийся в численности, исчезающий вид). Основными антропогенными лимитирующими факторами являются хозяйственное освоение территорий и лесные пожары [1].

Плоскосемянник китайский, принсепия китайская, вишня колючая или плагиоспермум китайский – листопадный кустарник до 2–3 м высотой с лентовидно отслаивающейся светло-серой корой. Ветви от серовато-зеленого до пурпурно-коричневого цвета, крепкие, голые; веточки красновато-коричневые, продольно-согнутые, голые; колючки прямостоячие или загнутые (изогнутые), 6–10 мм длиной, обычно безлистные. Почки зимой пурпурно-красные, яйцевидные, опушенные [2, 3].

Листовая пластинка овально-ланцетная, ланцетная, острая, цельнокрайная, голая; от 3 до 8 см длины и от 0,6 до 2,5 см ширины; абаксиальная сторона листа бледно-зеленая, адаксиальная – темно-зеленая; основание листа от почти округлого до широко клиновидного; край листовой пластинки редко пильчатый, вершина острая, заостренная или оттянутая; вторичные

жилки абаксиально выступающие, адаксиально вдавленные. Черешок размером 5–10 мм, голый [2, 3].

Соцветия в пазухах листьев – одноцветковые или в 4-цветковом пучке; прицветники мелкие, перепончатые, ланцетные, адаксиально опушенные, голые. Цветок около 1,5 см в диаметре и 5–6 мм длины; обоеполые, по 1–4 в пазушных соцветиях. Цветоножка 1–1,8 см, при плодах до 2 см, голая. Гипантий колокольчатый, снаружи голый. Чашелистики треугольно-яйцевидные, короткие; снаружи голые, по краю реснитчатые. Цветки желтые, со слабым приятным ароматом; лепестки обратояйцевидные, у основания короткозубчатые, на вершине – тупые. Количество тычинок – 10, в два круга. Завязь голая. Столбик короткий [2, 3].

Цветение приходится на конец апреля – середину мая, плодоношение – с августа по сентябрь. Плод – шаровидные или яйцевидные костянки (от шаровидной до продолговатой), слегка сдавленные с боков, с окраской от пурпурно-красной до пурпурно-коричневой; 1–1,5 см (до 2 см) в диаметре, голые; по внешнему виду напоминают вишню, съедобные и по вкусу кисловатые. Косточка 1–1,2 см длиной, с характерной бугристо-бороздчатой поверхностью, сильно сплюснутая (отсюда и название «плоскосемянник») [2, 3].

Разводится семенами. В культурах плодоносит ежегодно и обильно и в лесу неурожай бывают редко. Семена сохраняют всхожесть до трех лет, перед посевом требуется стратификация в песке в течение полтора – два месяца. Плоскосемянник, как и многие косточковые, самобесплоден, растение не поддается скрещиванию с другими косточковыми [2, 3].

В дикой природе данный вид обитает на Дальнем Востоке (бассейн рек Комаровка, Артёмовка и Партизанская); встречается довольно редко в Амурской области, Маньчжурии, на юге Приморья. Растет обычно по берегам рек. Принсе́пия китайская включена в Красную книгу данного региона. За пределами Российской Федерации произрастает в Северо-Восточном Китае (провинция Хэйлунцзян), Корее. Известна в культуре с 1896 г. Морозостойка – выносит климат южных районов Амурской области и даже Екатеринбурга и Санкт-Петербурга, где цветет

и плодоносит. Растет в долинных кустарниковых сообществах, ильмово-ясеневых долинных лесах на аллювиальных отложениях, одиночно или группами, под пологом хвойно-широколиственных или широколиственных лесов, по берегам лесных рек и вдоль речек на галечниках, среди зарослей кустарников. Теневыносливый мезофит, мезотроф, ассектатор кустарниковых группировок. Охраняется в заповедниках [2, 4–8].

На территориях российского Дальнего Востока весеннее распускание почек начинается в первой половине мая, цветение отмечается в последней декаде мая и продолжается около двух недель. Плоды начинают созревать со второй половины августа. Осеннее расцветивание листьев и последующий листопад происходят во второй половине октября. С близкими видами не скрещивается, межвидовых гибридов не образует [9].

Культивируется в садах и парках. Размножение только семенами; быстрорастущая культура. Цвести начинают трехлетние, а иногда и двухлетние сеянцы, но регулярно начинает плодоносить с 4–5-летнего возраста, а с 6 лет в культуре плодоносит обильно [9].

Предпочитает хорошо дренированные, влажные и относительно богатые почвы. Морозостоек. Требуется периодическая обрезка подмерзших побегов. С 25–27 лет начинается интенсивное старение кустов (омоложение в 30 лет неэффективно). Незасухоустойчив. Не солеустойчив. Средне теневынослив. Устойчив к болезням и энтомовам. Особо декоративен в периоды цветения, плодоношения и осеннего расцветивания листьев в желто-лимонные тона (80–100 %). Может быть рекомендован для одиночных или групповых посадок в парках, скверах и на газонах [6].

Виды рода *Prinsepia* используются как пищевые, лекарственные и декоративные растения, хотя есть указания на то, что вид либо «условно съедобен», либо даже ядовит. Плоды *P. sinensis* и *P. utilis* съедобны в свежем виде (приятный кислый вкус), пригодны для изготовления соков, варенья и для сушки. В семенах косточек много масла. В Китае семена *P. uniflora* используются для приготовления супа; этот вид применяется и как лекарственное

растение. Корни *P. utilis* используются для лечения хронического кашля (отвар на воде); плоды этого вида (отвар) применяют при повышенном слезоотделении. Высушенные ядра плодов *P. uniflora* применяются в китайской традиционной медицине для лечения простуды, при заболеваниях печени, для нормализации остроты зрения и назначаются при гиперемии (покраснение век), светобоязни (фотофобии), катаракте, носовом кровотечении. Отмечено, что семена *P. uniflora* применяют для лечения конъюнктивита, воспаления глазницы, слезотечения, риноррагии (сильное носовое кровотечение). Семена (ядра плодов) *P. uniflora* содержат белки (3,53 %), жиры (7,57 %), волокна (56,91 %), жирные кислоты, углеводы, цианогенные гликозиды (амигдафлин, цианидин); препараты из семян этого вида «питают печень и обостряют зрение». В Непале жирное масло семян *P. utilis* применяют для лечения ревматизма [10–14].

В последние годы ведется изучение активности экстрактов листьев, цветков, коры, плодов *P. utilis* в связи с их широким терапевтическим применением в медицинах Востока (китайской и индийской народной медицине).

Различные соединения и экстракты разных частей *P. utilis* проявляют многочисленные биологические активности, включая гипогликемическую, противовоспалительную, иммунодепрессивную, антибактериальную, антиоксидантную, ингибирующую α -глюкозидазу активность и цитотоксическую активность. Значительное количество фармакологических исследований показало, что различные экстракты и соединения из *P. utilis* оказывают фармакологические эффекты: противовоспалительное, антиоксидантное, антибактериальное, гипогликемическое и иммунодепрессивное действие. Исследования токсикологических эффектов ограничиваются только полисахаридами и экстрактами, полученными из *P. utilis*, и требуют дальнейшего научного изучения. Проведено большое количество исследований биологической активности *P. utilis in vitro*. Жирное масло семян находит применение в качестве пищевых и косметических добавок [15–18].

Ценится плоскосемянник китайский и как плодое и декоративное растение.

Главное достоинство в дугообразно изогнутых длинных побегах, придающих кустарнику изящество, а также в золотистой окраске листьев осенью. Всегда декоративны в конце лета – начале осени ярко-красные плоды. Красиво этот вид выглядит в одиночной и групповой посадке, особенно в период созревания плодов, красиво контрастирующих с зеленью листьев. Прекрасно смотрится он и в живых изгородях.

Изучение и ежегодный мониторинг качества репродуктивных диаспор (плодов и семян), который выражается в фиксации уровня развитости зародыша, сформированности эндосперма, выполненности (полнозерности) не только для культивируемых, но и для дикорастущих видов растений, является важным и критическим процессом для установления перспектив их выращивания, закладки питомников. Экспериментальное многоплановое прослеживание особенностей латентного периода, в том числе и при хранении диаспор в разных условиях, дает ценные данные для разработки агротехнических методов выращивания потенциально полезных видов растений.

Цель работы – изучение особенностей латентного периода и качества костянок *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Hallier.

Материалы и методика исследований. Исходный материал (костянки, «семена») для изучения особенностей латентного периода *P. sinensis* был собран в течении ряда лет в Амурской области, в Приморье, а также от интродуцированных растений, выращиваемых в Ботаническом саду Петра Великого Ботанического института имени В. Л. Комарова РАН. Биометрические показатели измеряли с помощью электронного штангенциркуля Matrix (Китай) с погрешностью 0,02 мм. Массу семян определяли на торсионных весах фирмы Techniprot (Польша) с точностью до 4 знаков.

Семена проращивали согласно ранее описанным классическим методам [19], но с учетом наличия у костянок одревесневшего эндосперма. С ними были проведены различные манипуляции для удаления эндосперма:

1) *скарификация термическая* – кратковременное выдерживание в горячей воде при температуре 70 °С и затем про-

мывание в холодной воде с последующим посевом под зиму в грунт;

2) *скарификация механическая* – удаление эндокарпия;

3) *стратификация* – выдерживание во влажном песке в течение 60 дней при температуре 5 °С.

Рентгеновские снимки костянок плоскосемянника сделаны на установке ПРДУ-1 (передвижная рентгеновская диагностическая установка). Для исследования образцов семян был выбран следующий режим: напряжение, подаваемое на трубку – 17 кВ; ток трубки – 70 мкА; экспозиция – 2 секунды. Приемник излучения – пластина с фотостимулированным люминофором. Сканирование пластины проводили с помощью сканера DIGORA PCT [20, 21].

Обработка полученных материалов проведена согласно методикам Б. А. Доспехова [22].

Результаты исследований и их обсуждение. Костянки, собранные в Амурской области, имели следующие биометрические параметры (в мм):

длина – от 9,7 до 13,5 (среднее – 12,3);
ширина – от 8,6 до 11,9 (среднее – 10,7);

толщина от 4,1 до 7,8 (среднее – 6,0).

Костянки плоскосемянника китайского, собранные от растений, выращиваемых в Ботаническом саду Петра Великого, оказались несколько меньшего размера и имели следующие параметры (в мм):

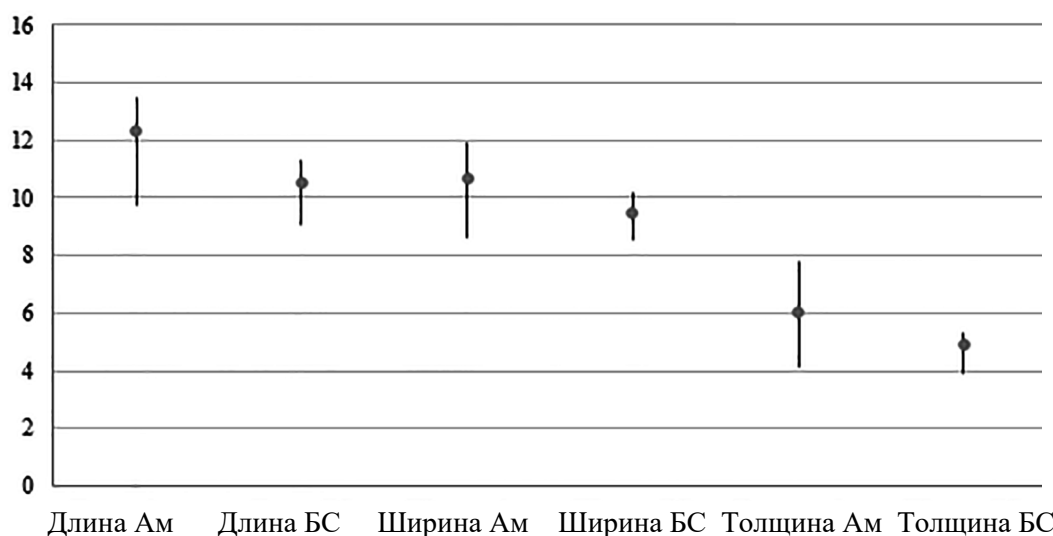
длина – от 9,05 до 11,3 (среднее – 10,5);
ширина – от 8,5 до 10,2 (среднее – 9,5);
толщина – от 3,9 до 5,3 (среднее – 5,9).

Тем ни менее, как показано на рисунке 1, биометрические показатели семян из разных мест произрастания не имеют достоверных различий.

Масса семян также различается в зависимости от места произрастания. Масса 1 000 шт. крупных семян из Амурской области колебалась от 420,0 до 540,5 г (средняя масса – 480,9 г); мелких от 170,4 до 280,3 г (средняя масса – 219,2 г).

Семена из Ботанического сада были несколько легче. Так, масса 1 000 шт. крупных семян колебалась от 382,8 до 472,2 г (средняя масса – 420,4 г); мелких от 155,4 до 230,8 г (средняя масса – 193,1 г).

Прорастание костянок *P. sinensis*, прошедших естественную стратификацию (при подзимнем посеве в грядки), составляло 63 %. Наиболее высокая всхожесть



Ам – образцы из Амурской области; БС – образец из Ботанического сада Петра Великого
Am – samples from the Amur region; BC – sample from the Peter the Great Botanical Garden

Рисунок 1 – Изменение биометрических показателей семян плоскосемянника китайского разного происхождения, мм

Figure 1 – Changes in biometric parameters of Chinese flatseed seeds of different origins, mm

была отмечена и для семян, прошедших вариант термической скарификации, где отмечено до 88 % всхожих костянок. Наиболее быстро в лабораторных условиях в чашках Петри прорастали семена после механического удаления одревесневшего околоплодника (табл. 1).

Прорастание отмечали на 14–20 день опыта. Через три года хранения костянок

в лабораторных условиях они полностью теряли всхожесть.

Как видно из рентгеновских снимков, приведенных на рисунках 2–4, при внешнем хорошем виде костянок *P. sinensis*, часть из них невысокого качества.

Представлено до 20 % костянок, относящихся ко 2–3 классу. Это объясняет то, что ни в одном из вариантов опыта

Таблица 1 – Всхожесть костянок *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Hallier в зависимости от предпосевной обработки и сроков хранения

Table 1 – Germination of *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Hallier drupes depending on pre-sowing treatment and storage periods

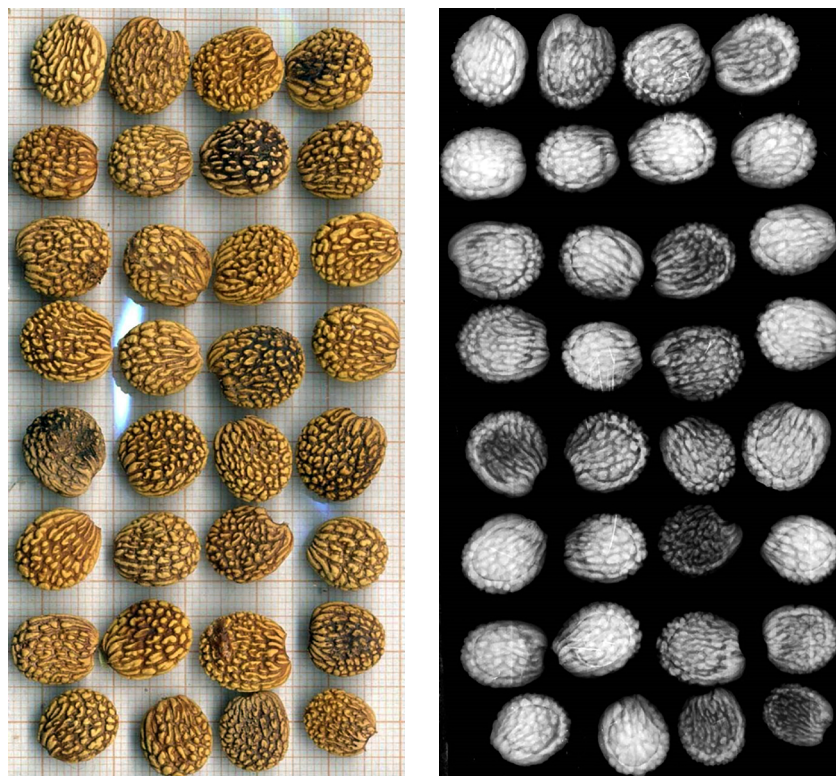
В процентах (in percent)

Год сбора	Предпосевная обработка	Год учета всхожести				
		2018	2019	2020	2021	2022
2017	Посев осенью в грунт	54	12	5	0	0
	Термическая скарификация	88	0	0	0	0
	Стратификация	63	15	4	0	0
2019	Посев осенью в грунт	–	–	66	28	0
	Термическая скарификация	–	–	85	0	0
	Стратификация	–	–	78	7	0



место сбора – Благовещенск, урожай 2017 г.;
слева – сканированные, справа – их рентгеновский снимок
collection site – Blagoveshchensk, harvest of 2017;
on the left are scanned drupes, on the right is their X-ray image

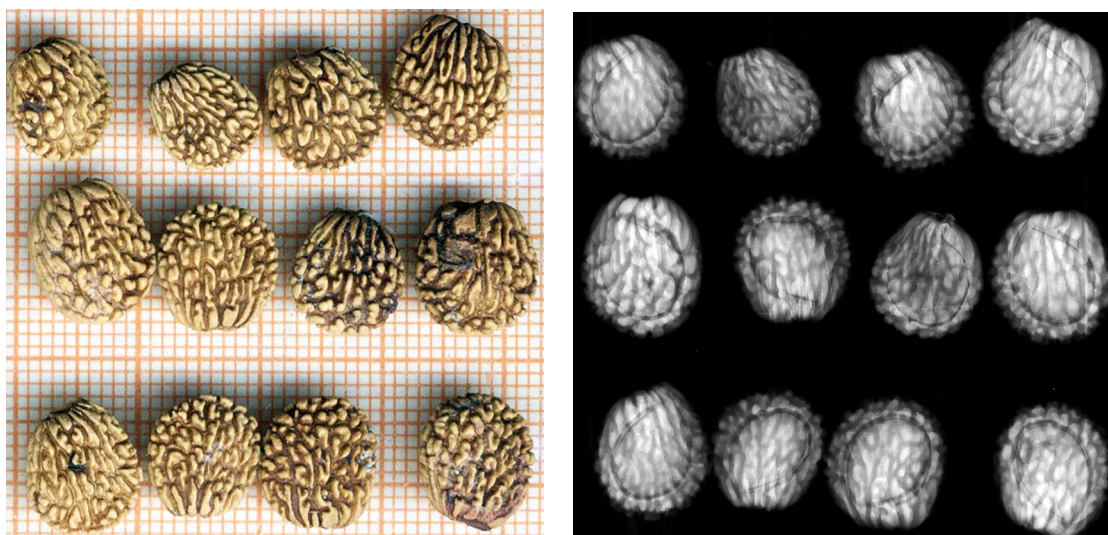
Рисунок 2 – Неочищенные плоды *Prinsepia chinensis*
Figure 2 – Unpeeled fruits of *Prinsepia chinensis*



место сбора – Благовещенск, урожай 2017 г.;
 слева – сканированные костянки, справа – их рентгеновский снимок
 collection site – Blagoveshchensk, harvest of 2017;
 on the left are scanned drupes, on the right is their X-ray image

Рисунок 3 – *Prinsepia chinensis*

Figure 3 – *Prinsepia chinensis*



место сбора – окрестности г. Уссурийск, урожай 2019 г.;
 слева – сканированные костянки, справа – их рентгеновский снимок
 collection site – the outskirts of Ussuriysk, harvest of 2019;
 on the left are scanned drupes, on the right is their X-ray image

Рисунок 4 – *Prinsepia chinensis*

Figure 4 – *Prinsepia chinensis*

проращивания костянок принсепии китайской не было получено 100 % всходов.

Учитывая, что часть костянок прорастает не в первый год после посева, но небольшое их число может прорасти и через год, закладывать питомники следует с учетом этих особенностей и высевать с большим расстоянием между будущими растениями.

Заключение. *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Hallier представляет собой растение перспективное как для декоративных целей на основе его использования через садово-парковые хозяйства в городском озеленении, а также для создания плантаций с целью получения растительного

сырья для последующей его переработки и получения соединений для фармацевтической промышленности.

Для получения молодых саженцев (сеянцев) следует использовать преимущественно свежие плоды (сразу же в год созревания) и сеять под зиму, либо стратифицировать во влажных холодных условиях не менее 60 дней и высевать весной.

Возможно также создание плантационных посадок для получения растительного сырья с целью создания ряда вторичных метаболитов для производства лекарственных препаратов и биологически активных добавок, необходимых в комплементарном питании человека.

Список источников

1. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с. EDN TCNFXR.
2. Тимченко Н. А., Старченко В. М., Раткевич И. А. Краснокнижные виды дендрофлоры в озеленении населенных пунктов Амурской области // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2011. № 8 (59). С. 104–108. EDN NYKKBL.
3. *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Oliv. ex Bean in Flora of China // eFlora. Missouri Botanical Garden, St. Louis, MO & Harvard University Herbaria, Cambridge, MA., 2003.
4. Конспект флоры Азиатской России: сосудистые растения / под ред. К. С. Байкова. Новосибирск : Сибирское отделение РАН, 2012. 640 с. EDN QKVBGF.
5. Тагильцев Ю. Г. Колесникова Р. Д., Нечаев А. А. Дальневосточные растения – наш доктор. Хабаровск : Артек-Медиа, 2004. 520 с. EDN KNJYFM.
6. Тимченко Н. А., Старченко В. М., Дарман Г. Ф. Атлас деревьев, кустарников и лиан Благовещенска Амурской области. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. 210 с. EDN RGVMWH.
7. Усенко Н. В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока. Хабаровск : Приамурские ведомости, 2009. 272 с.
8. Bhagat S., Singh O. A note on germination and longevity of *Prinsepia utilis* Royle seed // Indian Forester. 1989. Vol. 115. No. 6. P. 442–443.
9. Аксенова Н. А., Фролова Л. А. Деревья и кустарники для любительского садоводства и озеленения. М. : Московский государственный университет, 1989. 102 с.
10. Горовой П. Г., Лобода А. В. Ареал и ресурсы восточноазиатского вида *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Oliv. ex Bean (Rosaceae, Prunoideae) // Turczaninowia. 2015. Т. 18. № 2. С. 68–75.
11. Huang S., Ma Y., Zhang C., Cai S., Pang M. Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolics in native and fermented *Prinsepia utilis* Royle seed during a simulated gastrointestinal digestion *in vitro* // Journal of Functional Foods. 2017. Vol. 37. P. 354–362. doi: 10.1016/j.jff.-2017.08.00417.
12. Ma S., Zheng X., Zhang Y., Zhao S., Yi J., Cai S. Exploring the promotive effects and mechanisms of different polyphenolic extracts from *Prinsepia utilis* Royle seed shell on tyrosinase // Foods. 2022. No. 11 (24). P. 4015. <https://doi.org/10.3390/foods11244015>.
13. Peng Y., Peng C., Wu Y., Sun C., Li X. Chemical profiles of the active fraction from *Prinsepia utilis* Royle leaves and its anti-benign prostatic hyperplasia evaluation in animal models //

BMC Complementary Medicine and Therapies. 2021. Vol. 21. No. 1. P. 272. doi: 10.1186/s12906-021-03446-4.

14. Zhang X., Jia Y., Ma Y., Cheng G., Cai S. Phenolic composition, antioxidant properties, and inhibition toward digestive enzymes with molecular docking analysis of different fractions from *Prinsepia utilis* Royle fruits // *Molecules*. 2018. Vol. 23. No. 12. P. 3373. <https://doi.org/10.3390/-molecules23123373>.

15. Bagale Rakshya, Acharya Srijana, Akriti Gupta, Pooja Chaudhary, Gautam Prasad Chaudhary, Jitendra Pandey. Antibacterial and antioxidant activities of *Prinsepia utilis* Royle leaf and seed extracts // *Journal of Tropical Medicine*. 2022, Iss. 1. P. 3898939. <https://doi.org/10.1155/2022/3898939>.

16. Bo Wang, Feifei Wang, Liping Qu, Hongyu Ma, Yuying Cheng, Xinlang Wu [et al.]. *Prinsepia utilis* Royle polysaccharides promote skin barrier repair through the Claudin family // *Skin Research and Technology*. 2024. Vol. 30. P. 7. doi: 10.1111/srt.13848.

17. Chauhan K., Tripathi Y. C., Varshney V. K. *Prinsepia utilis* Royle: A review on its traditional uses, phytochemistry, and biological activities // *Phytochemistry Letters*. 2023. Vol. 55. P. 44–55.

18. Prakash Suraj, Radha Puri, Sunil Dhumal, Sangram Kumar, Marisennayya Kumar. Phytochemical riches, bioactivities, and clinical potential of *Prinsepia utilis* Royle: a comprehensive review // *Chemistry & Biodiversity*. 2024. Vol. 22. doi: 10.1002/cbdv.202401625.

19. Ишмуратова М. М., Ткаченко К. Г. Семена травянистых растений: особенности латентного периода, использование в интродукции и размножении *in vitro*. Уфа : Гилем, 2009. 116 с. EDN QKSJSN.

20. Грязнов А. Ю., Староверов Н. Е., Баталов К. С., Ткаченко К. Г. Применение метода микрофокусной рентгенографии для контроля качества семян // *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2017. Т. 48. № 6. С. 46–55. EDN ZSVXJN.

21. Ткаченко К. Г., Староверов Н. Е., Грязнов А. Ю. Рентгенографическое изучение качества плодов и семян // *Hortus botanicus*. 2018. Т. 13. С. 4–19. EDN YSKXRR.

22. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебное пособие. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. *The Red Book of the Russian Federation (plants and fungi)*, Moscow, Tovarithchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008, 855 p. EDN TCNFXR (in Russ.).

2. Timchenko N. A., Starchenko V. M., Ratkevich I. A. Red Book types of dendroflora in landscaping of settlements of the Amur region. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011;8(59):104–108. EDN NYKKBL (in Russ.).

3. *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Oliv. ex Bean in *Flora of China* In.: eFlora, Missouri Botanical Garden, St. Louis, MO & Harvard University Herbaria, Cambridge, MA., 2003.

4. Baykov K. S. (Eds.). *Summary of the flora of Asian Russia: vascular plants*, Novosibirsk, Sibirskoe otделение RAN, 2012, 640 p. EDN QKVBGF (in Russ.).

5. Tagiltsev Yu. G. Kolesnikova R. D., Nechaev A. A. *Far Eastern plants – our doctor*, Khabarovsk, Artek-Media, 2004, 520 p. EDN KNJYFM (in Russ.).

6. Timchenko N. A., Starchenko V. M., Darman G. F. *Atlas of trees, shrubs and lianas of Blagoveshchensk, Amur region*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2017, 210 p. EDN RGVMDH (in Russ.).

7. Usenko N. V. *Trees, shrubs and lianas of the Far East*, Khabarovsk, Priamurskie vedomosti, 2009, 272 p. (in Russ.).

8. Bhagat S., Singh O. A note on germination and longevity of *Prinsepia utilis* Royle seed. *Indian Forester*, 1989;115;6:442–443.
9. Aksenova N. A., Frolova L. A. *Trees and shrubs for amateur gardening and landscaping*, Moscow, Moskovskii gosudarstvennyi universitet, 1989, 102 p. (in Russ.).
10. Gorovoy P. G., Loboda A. V. Habitat and resources of the East Asian species *Prinsepia sinensis* (Oliv.) Oliv. ex Bean (Rosaceae, Prunoideae). *Turczaninowia*, 2015;18;2:68–75 (in Russ.).
11. Huang S., Ma Y., Zhang C., Cai S., Pang M. Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolics in native and fermented *Prinsepia utilis* Royle seed during a simulated gastrointestinal digestion *in vitro*. *Journal of Functional Foods*, 2017;37:354–362. doi: 10.1016/j.jff.-2017.08.00417.
12. Ma S., Zheng X., Zhang Y., Zhao S., Yi J., Cai S. Exploring the promotive effects and mechanisms of different polyphenolic extracts from *Prinsepia utilis* Royle seed shell on tyrosinase. *Foods*, 2022;11(24):4015. <https://doi.org/10.3390/foods11244015>.
13. Peng Y., Peng C., Wu Y., Sun C., Li X. Chemical profiles of the active fraction from *Prinsepia utilis* Royle leaves and its anti-benign prostatic hyperplasia evaluation in animal models. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 2021;21;1:272. doi: 10.1186/s12906-021-03446-4.
14. Zhang X., Jia Y., Ma Y., Cheng G., Cai S. Phenolic composition, antioxidant properties, and inhibition toward digestive enzymes with molecular docking analysis of different fractions from *Prinsepia utilis* Royle fruits. *Molecules*, 2018;23;12:3373. <https://doi.org/10.3390/-molecules23123373>.
15. Bagale Rakshya, Acharya Srijana, Akriti Gupta, Pooja Chaudhary, Gautam Prasad Chaudhary, Jitendra Pandey. Antibacterial and antioxidant activities of *Prinsepia utilis* Royle leaf and seed extracts. *Journal of Tropical Medicine*, 2022;1:3898939. <https://doi.org/10.1155/2022/3898939>.
16. Bo Wang, Feifei Wang, Liping Qu, Hongyu Ma, Yuying Cheng, Xinlang Wu [et al.]. *Prinsepia utilis* Royle polysaccharides promote skin barrier repair through the Claudin family. *Skin Research and Technology*, 2024;30:7. doi: 10.1111/srt.13848.
17. Chauhan K., Tripathi Y. C., Varshney V. K. *Prinsepia utilis* Royle: A review on its traditional uses, phytochemistry, and biological activities. *Phytochemistry Letters*, 2023;55:44–55.
18. Prakash Suraj, Radha Puri, Sunil Dhumal, Sangram Kumar, Marisennayya Kumar. Phytochemical riches, bioactivities, and clinical potential of *Prinsepia utilis* Royle: a comprehensive review. *Chemistry & Biodiversity*, 2024;22. doi: 10.1002/cbdv.202401625.
19. Ishmuratova M. M., Tkachenko K. G. *Seeds of herbaceous plants: latent period features, use in introduction and propagation in vitro*, Ufa, Gilem, 2009, 116 p. EDN QKSJSN (in Russ.).
20. Gryaznov A. Yu., Staroverov N. E., Batalov K. S., Tkachenko K. G. Application of microfocus X-ray method for seed quality control. *Plodovodstvo i vinogradarstvo yuga Rossii*, 2017;48;6:46–55. EDN ZSVXJN (in Russ.).
21. Tkachenko K. G., Staroverov N. E., Gryaznov A. Yu. X-ray examination of fruit and seed quality. *Hortus botanicus*, 2018;13:4–19. EDN YSKXRR (in Russ.).
22. Dospekhov B. A. *Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results): textbook*, Moscow, Agropromizdat, 1985, 351 p. (in Russ.).

© Ткаченко К. Г., Тимченко Н. А., Юст Н. А., Щербакова О. Н., 2025

Статья поступила в редакцию 14.05.2025; одобрена после рецензирования 16.06.2025; принята к публикации 17.06.2025.

The article was submitted 14.05.2025; approved after reviewing 16.06.2025; accepted for publication 17.06.2025.

Информация об авторах

Ткаченко Кирилл Гаврилович, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, руководитель лаборатории семеноведения Ботанического сада Петра Великого, Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН, KTkachenko@binran.ru;

Тимченко Наталья Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесного дела и ландшафтной архитектуры, Дальневосточный государственный аграрный университет, timchenko-nat@mail.ru;

Юст Наталья Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой лесного дела и ландшафтной архитектуры, Дальневосточный государственный аграрный университет, yustnatal@mail.ru;

Щербакова Олеся Николаевна, старший преподаватель кафедры лесного дела и ландшафтной архитектуры, Дальневосточный государственный аграрный университет, olesya-2512@mail.ru

Information about the authors

Kirill G. Tkachenko, Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Seed Science of the Peter the Great Botanical Garden, Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, KTkachenko@binran.ru;

Natalya A. Timchenko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry and Landscape Architecture, Far Eastern State Agrarian University, timchenko-nat@mail.ru;

Natalya A. Yust, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Forestry and Landscape Architecture, Far Eastern State Agrarian University, yustnatal@mail.ru;

Olesya N. Shcherbakova, Senior Lecturer of the Department of Forestry and Landscape Architecture, Far Eastern State Agrarian University, olesya-2512@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.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

ANIMAL BREEDING AND VETERINARY

Научная статья

УДК 636.082.474:636.084

EDN KPGTEM

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-63-71>**Особенности обмена энергии в организме цыплят-бройлеров при использовании в рационе фитопребиотической добавки****Александр Александрович Овчинников¹, Артем Сергеевич Мокин²**^{1,2} Южно-Уральский государственный аграрный университет

Челябинская область, Троицк, Россия

¹ ovchin@bk.ru

Аннотация. Установлено, что фитобиотик, полученный из коры осины в виде отвара, и водный раствор молочной кислоты, нанесенный на суточную норму комбикорма, оказали неодинаковое влияние на пищеварительную функцию цыплят-бройлеров. Экспериментально подтверждено, что фитобиотик не оказал положительного влияния на переваримость питательных веществ корма на протяжении всего периода выращивания птицы. Доказано, что молочная кислота, введенная в рацион бройлеров путем нанесения на корм, отдельно и в комплексе с фитобиотиком проявила стимулирующее влияние на переваримость органической части корма. Обоснована наибольшая разница в переваримости сырого протеина, сырого жира и сырой клетчатки в шестинедельном возрасте цыплят-бройлеров в сравнении с трехнедельным. Проведенный расчет баланса энергии в организме птицы показал, что выше всего поступление обменной энергии рациона в организме бройлеров наблюдалось в группе с комплексной добавкой фитобиотика с пребиотиком на завершающем этапе их выращивания. Она больше расходовалась на образование продукции и меньше на поддержание жизненных процессов. Подтверждено, что фитобиотик в отдельности снизил уровень обменной и продуктивной энергии рациона в трехнедельном возрасте бройлеров с последующим увеличением к завершению выращивания. При этом пребиотик в качестве кормовой добавки проявляет выше эффект использования энергии корма интенсивно растущей птицы мясного направления продуктивности в сравнении с одним фитобиотиком. Рекомендовано использовать фитопребиотическую кормовую добавку в рационе птицы мясного направления продуктивности, повышающую переваримость питательных веществ рациона и продуктивную энергию корма.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормовая добавка, фитобиотик, пребиотик, переваримость питательных веществ корма, баланс энергии

Для цитирования: Овчинников А. А., Мокин А. С. Особенности обмена энергии в организме цыплят-бройлеров при использовании в рационе фитопребиотической добавки // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 63–71. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-63-71>.

Original article

Energy metabolism features of broiler chickens when using a phytoprebiotic supplement in the diet**Alexander A. Ovchinnikov¹, Artem S. Mokin²**^{1,2} South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk region, Troitsk, Russian Federation

¹ ovchin@bk.ru

Abstract. It was found that the phytobiotic obtained from aspen bark in the form of a decoction and an aqueous solution of lactic acid applied to the daily rate of compound feed for broiler chickens had different effects on the digestive function of broiler chickens. It was experimentally confirmed that the phytobiotic did not have a positive effect on the digestibility of feed nutrients throughout the entire period of bird rearing. It was proven that lactic acid introduced into the broiler diet by applying to feed, separately and in combination with the phytobiotic, showed a stimulating effect on the digestibility of the organic part of the feed. The greatest difference in the digestibility of crude protein, crude fat and crude fiber in six-week-old broiler chickens compared to three-week-old ones was substantiated. The calculation of the energy balance in the bird's body showed that the highest intake of exchange energy of the diet in the broiler body was observed in the group with a complex additive of phytobiotic with prebiotic at the final stage of their growth. It was spent more on the formation of products, less on maintaining vital processes. It was confirmed that the phytobiotic alone reduced the level of exchange and productive energy of the diet at the age of three weeks of broilers with a subsequent increase by the end of growth. At the same time, the prebiotic as a feed additive exhibits a higher effect of using the energy of the feed of intensively growing poultry of the meat direction of productivity in comparison with one phytobiotic. It is recommended to use the phytoprebiotic feed additive in the diet of poultry of the meat direction of productivity, increasing the digestibility of nutrients of the diet and the productive energy of the feed.

Keywords: broiler chickens, feed additive, phytobiotic, prebiotic, digestibility of feed nutrients, energy balance

For citation: Ovchinnikov A. A., Mokin A. S. Energy metabolism features of broiler chickens when using a phytoprebiotic supplement in the diet. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:63–71. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-2-63-71>.

Введение. Рост и развитие сельскохозяйственных животных и птицы происходит за счет поступления в организм белков, жиров и углеводов растительного корма в течение всего постнатального периода. Они формируют общую энергетическую питательность рациона, соответствующую норме кормления с учетом вида животного, породы и кросса птицы.

В число рекомендуемых и обязательных компонентов комбикорма сельскохозяйственной птицы входят различные добавки, обеспечивающие физиологическую потребность организма в витаминах, макро- и микроэлементах, профилактирующие кормовые микотоксикозы, нормализующие бактериальный состав микрофлоры желудочно-кишечного тракта, обеспечивающие оптимальную реакцию среды, благоприятной для полезной микрофлоры. Такие биологически активные комплексы стимулируют переваривание органической и усвоение минеральной части комбикорма, повышают защиту организма и сохранность поголовья, снижают затраты корма [1–6].

Однако промышленная технология требует учитывать и такой фактор, как профилактика и при необходимости ле-

чение больного организма от многих бактериальных инфекций, сопутствующих и возникающих в результате мутации условно-патогенной микрофлоры в организме всех половозрастных групп птицы. Антибактериальные добавки в рационе повышают сохранность поголовья, но при этом отрицательно влияют на микробиом кишечника, кумулируются в тканях и органах, снижают качество производимой продукции, наносят вред здоровью человека.

Накопленный вековой опыт применения лекарственных средств растительного происхождения является основной альтернативой современной антибиотикотерапии. При этом в каждом регионе Российской Федерации имеется свой перечень районированных фитобиотиков, который расширяется с каждым годом. Применение фитогеников экономически выгодно, безопасно для организма и позволяет расширить ассортимент диетического и детского питания [7–10].

К группе малоизученных фитобиотиков, применяемых в животноводстве, но широко используемых в медицине, относится кора осины. В естественных условиях дикие животные используют ее как лекарственное средство против гельмин-

тов, стимуляции пищеварительных процессов в организме [11, 12].

Данная кормовая добавка в рационе сельскохозяйственной птицы не изучена, особенно при совмещении ее с другими биологически активными аналогами, что и послужило основанием проведения ряда физиологических исследований на птице мясного направления продуктивности.

Целью исследований явилось *сравнение степени переваримости питательных веществ рациона цыплят-бройлеров и на этом фоне состояния баланса энергии в организме птицы при использовании фитобиотика и пребиотика в составе полнорационного комбикорма.*

Условия, объекты и методика исследований. В качестве объекта наблюдения были выбраны цыплята-бройлеры кросса «Росс-308» ООО «Магнитогорский птицеводческий комплекс», выращиваемые с суточного возраста в течение шести недель.

Четыре группы бройлеров, по 35 голов в каждой, получали одинаковый рацион кормления, представленный полнорационными комбикормами ПК-5 и ПК-6, сбалансированный по всем элементам питания в соответствии с требованиями кросса.

Ежесуточно птица I опытной группы дополнительно получала кору осины из расчета 40 мг/кг массы тела; II опытной группы – молочную кислоту в дозе, составляющей 0,50 мл/кг корма; III опытной группы – обе добавки в тех же дозировках.

При этом кора осины в виде 5-процентного водного отвара и 2-процентный водный раствор молочной кислоты предварительно наносились на суточную норму комбикорма и высушивались до постоянного веса. Раздача корма контролировалась согласно программы кормления с учетом рекомендаций по динамике роста данного кросса.

При достижении птицей трех- и шестинедельного возраста был проведен балансовый опыт по определению переваримости органической части корма. Полученные данные использованы для расчета обменной энергии рациона. Валовая энергия рациона цыплят-бройлеров была рассчитана по химическому составу комбикорма и уравнениям регрессии.

Материал физиологических исследований обработан биометрически, достоверная разница определялась по таблице Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение. В период выращивания цыплят-бройлеров на переваримость питательных веществ рациона большое влияние имеет концентрация нормируемых показателей в единице корма. По технологии на предприятии весь постнатальный период разделен на четыре срока со своей рецептурой комбикорма:

1–10 сут. с комбикормом ПК-5-1;

11–24 сут. с комбикормом ПК-5-2;

25–34 сут. с комбикормом ПК-6-1;

35–42 сут. с комбикормом ПК-6-2.

Физиологические опыты, проведенные в период интенсивного роста птицы и на заключительном этапе, имели следующую концентрацию питательных веществ: сырого протеина – 20,05 и 20,08 %; сырого жира – 4,63 и 5,59 %; сырой клетчатки – 3,77 и 5,0 %; БЭВ – 53,95 и 53,19 % соответственно.

Кормовая добавка в рационе цыплят-бройлеров в трехнедельном возрасте непосредственно отразилась на переваримости сухого и органического вещества, а в органической части корма на степени переваримости протеина, жира, клетчатки и БЭВ (рис. 1, 2).

Фитодобавка на данном этапе выращивания бройлеров снизила переваримость сухого вещества рациона птицы на 2,45 %; органического вещества – на 1,74 %. В то же время пребиотик увеличил переваримость данных показателей на 2,61 и 3,25 %, а комплексная добавка на 2,02 и 1,27 %.

В органической части корма в опытных группах отвар коры осины уменьшил переваримость сырого протеина рациона на 1,86 %; сырого жира – на 0,16 %. Молочная кислота оказала стимулирующий эффект на переваримость протеина корма и сырого жира. При этом разница с контрольной группой соответственно составила 2,69 и 6,11 %, а с группой бройлеров, получавших комплексную добавку, – 0,42 и 4,48 %.

В результате, при одинаковой энергетической ценности рациона птицы, составившей 1 774,60 кДж, обменная энергия

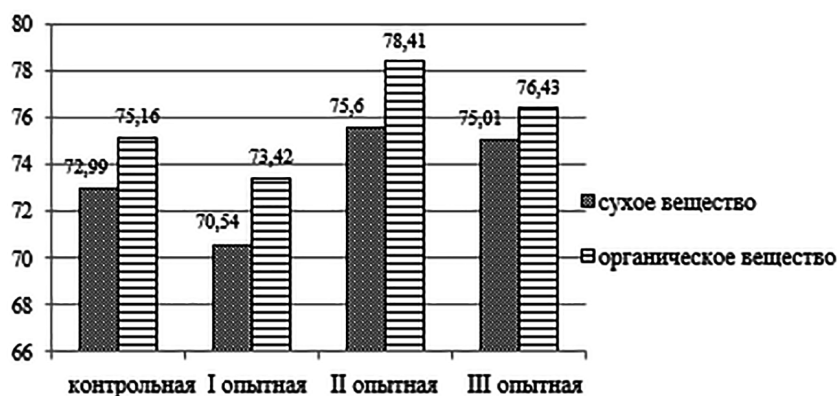


Рисунок 1 – Коэффициенты переваримости сухого и органического вещества рациона цыплят-бройлеров в трехнедельном возрасте, %

Figure 1 – Digestibility coefficients of dry and organic matter in the diet of three-week-old broiler chickens, %

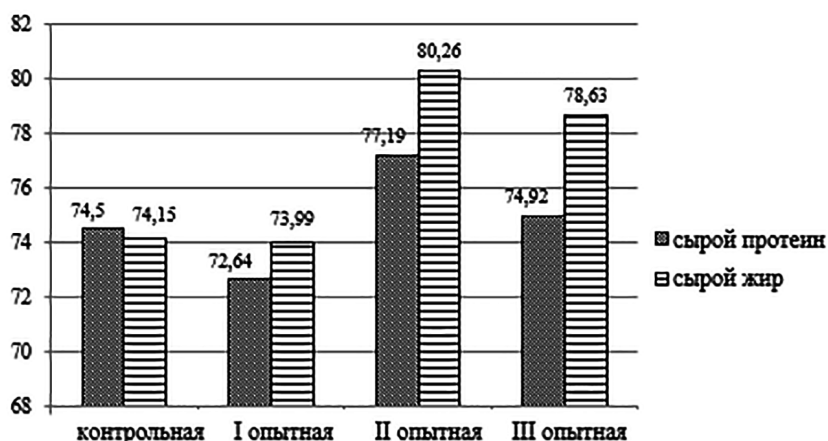


Рисунок 2 – Коэффициенты переваримости сырого протеина и сырого жира рациона цыплят-бройлеров в трехнедельном возрасте, %

Figure 2 – Digestibility coefficients of crude protein and crude fat in the diet of three-week-old broiler chickens, %

корма оказалась равной 73,2 % в контрольной группе; 68,6 % – в I опытной, 70,1 % – во II опытной и 72,8 % – в III опытной группе, что отражено в таблице 1.

Чистая и обменная энергия для поддержания жизни у птицы опытных групп в сравнении с контрольной имела тенденцию к снижению, что, в свою очередь, повысило обменную энергию продукции на 0,5 % в I группе; на 1,4 % во II группе и на 1,9 % в III группе.

На завершающем этапе выращивания птицы и с переходом на новый рецепт комбикорма (ПК-6-2) переваримость его питательных веществ у подопытной птицы имела различие (рис. 3).

Как и в предыдущем периоде, у птицы I опытной группы переваримость сухого вещества была ниже контрольной группы на 1,07 %, органического вещества – на 0,68 %, в то время как во II и в III группе отмечена тенденция их повышения.

В органической части корма наилучшие результаты имела последняя опытная группа (рис. 4), у которой протеин корма переваривался больше на 5,82 %, жир – на 6,41 %, клетчатка – на 4,54 % ($P \leq 0,05-0,01$).

Незначительно уступала в переваримости данных питательных веществ группа с одним пребиотиком; самое низкое различие имела группа бройлеров с фитодобавкой.

Таблица 1 – Баланс энергии в организме цыплят-бройлеров в трехнедельном возрасте
Table 1 – Energy balance in the body of three-week-old broiler chickens

В кДж/гол. в сутки (in kJ/head per day)

Показатели	Группы			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Валовая энергия рациона	1 774,60±48,88	1 774,60±48,88	1 774,60±48,88	1 774,60±48,88
Обменная энергия % от валовой	1 299,04±34,85 73,2	1 216,88±62,51 68,6	1 244,79±23,27 70,1	1 291,52±25,10 72,8
Чистая энергия поддержания жизни % к обменной энергии	277,60±6,85 21,4	253,31±19,34 20,8	251,66±16,49 20,2	256,35±10,90 19,8
Обменная энергия поддержания жизни % к обменной энергии	338,67±8,36 26,1	309,04±23,60 25,4	307,03±20,12 24,7	312,74±13,30 24,2
Обменная энергия продукции % к обменной энергии	960,37±32,34 73,9	907,84±58,88 74,6	937,76±3,15 75,3	978,78±21,00 75,8

В результате, при одинаковом поступлении валовой энергии с рационом в количестве 3 106,82 кДж ее использование различалось (рис. 5).

Если в контрольной группе обменной энергии рациона от валовой было на уровне 74,0 % (2 298,59 кДж), то в I опытной она увеличилась всего лишь на 0,34 %, во II и III группе – на 1,0 и 1,4 % соответственно (2 331,16 и 2 343,36 кДж).

В свою очередь, суммарное количество чистой и обменной энергии на поддержание жизни у птицы опытных групп снизилось на 7,9 % в I группе; на 2,1 % – во

II группе и на 2,8 % – в III опытной группе, составив 1 403,94; 1 551,66 и 1 543,19 кДж соответственно.

Таким образом, обменная энергия продукции (в кДж) в контрольной группе составила всего лишь 1 430,32; в I группе – 1 537,02; во II группе – 1 478,43; в III группе – 1 495,39, что от общего количества обменной энергии рациона находилось на уровне 62,2; 66,6; 63,4 и 63,8 % соответственно.

В свою очередь, в этот возрастной период данное различие положительно отразилось на приросте живой массы

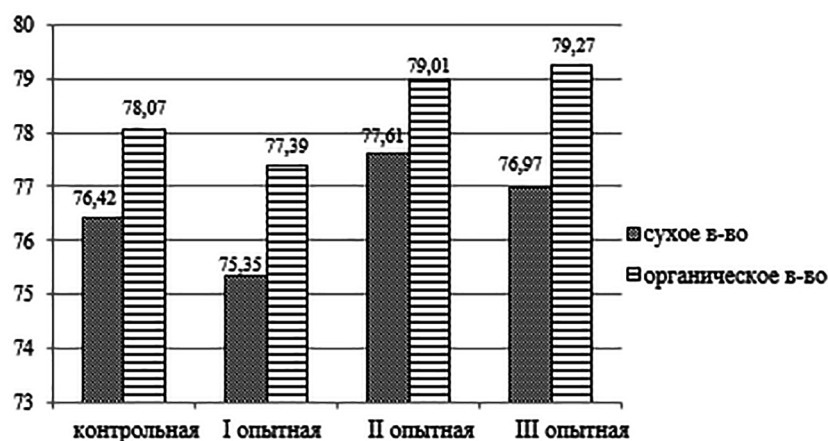


Рисунок 3 – Коэффициенты переваримости сухого и органического вещества рациона цыплят-бройлеров в шестинедельном возрасте, %

Figure 3 – Digestibility coefficients of dry and organic matter in the diet of broiler chickens at six weeks of age, %

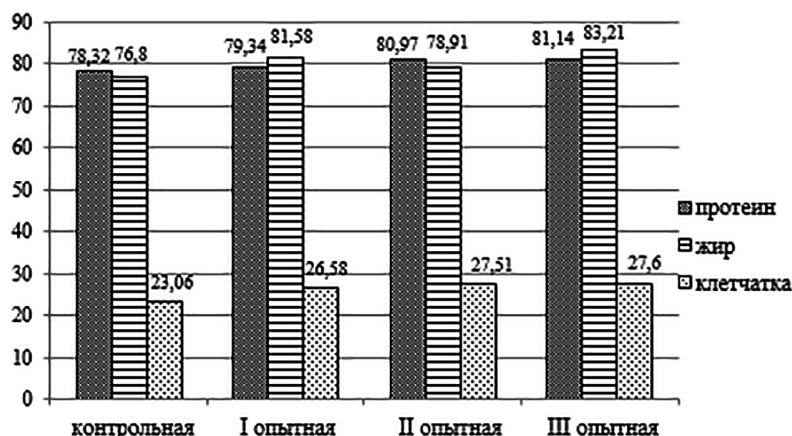


Рисунок 4 – Коэффициенты переваримости сырого протеина, сырого жира и сырой клетчатки рациона цыплят-бройлеров в шестинедельном возрасте, %

Figure 4 – Digestibility coefficients of crude protein, crude fat and crude fiber in the diet of broiler chickens at six weeks of age, %

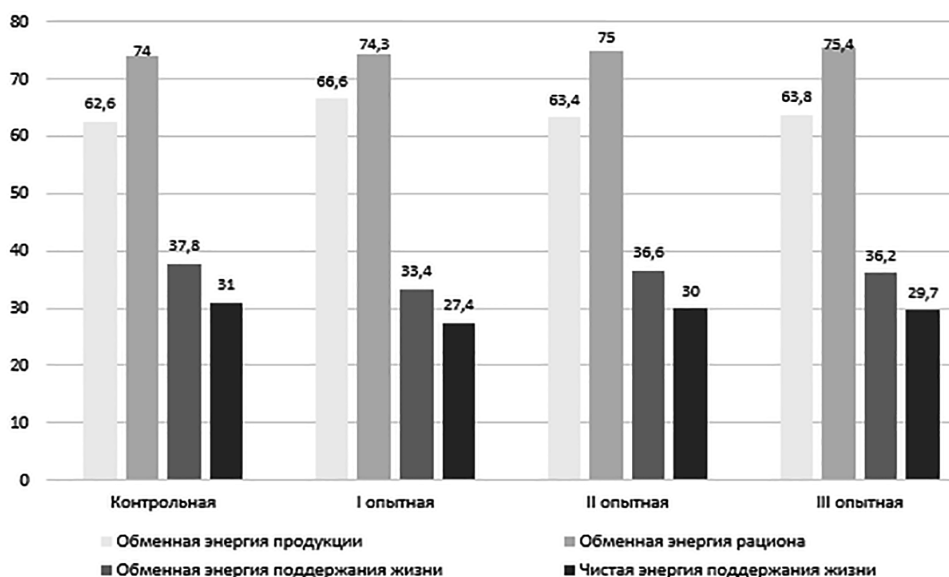


Рисунок 5 – Баланс энергии в организме цыплят-бройлеров в шестинедельном возрасте, %

Figure 5 – Energy balance in the body of broiler chickens at six weeks of age, %

бройлеров группы с кормовой добавкой фитобиотика. В меньшей степени различие затронуло аналогов цыплят, получавших отдельно пребиотик и комплексную кормовую добавку.

Полученные нами данные подтверждают и согласуются с результатами более высокой переваримости питательных веществ рациона под влиянием подкислителей, включенных в рацион цыплят-бройлеров [13, С. 50]. Фитобиотики в большинстве своем положительно

влияют на обмен веществ, ретенцию азота корма, продуктивность и сохранность поголовья [14, С. 78], но результаты проведенных нами исследований позволяют констатировать, что использование коры осины в рационе интенсивно растущей птицы целесообразно использовать в комплексе с пребиотиком.

При этом требуется учитывать ингредиенты комбикорма и концентрацию питательных веществ по периодам выращивания.

Заключение. Наибольшая переваримость питательных веществ рациона цыплят-бройлеров за период выращивания имеет место при применении комплексной кормовой добавки отвара коры осины с пребиотиком. Переваримость оказалась выше в сравнении с раздельным использованием указанных компонентов.

Комплексная кормовая добавка повышает в организме птицы уровень об-

щей обменной и продуктивной энергии рациона, снижает ее затраты на поддержание жизни.

Это позволяет нам рекомендовать фитопребиотическую кормовую добавку для использования в рационах птицы мясного направления продуктивности, что обеспечит повышение переваримости питательных веществ рациона и продуктивной энергии корма.

Список источников

1. Сычева Л. В., Юнусова О. Ю. Применение подкислителей в кормлении цыплят-бройлеров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана. 2019. Т. 239. № 3. С. 205–209. <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-239-3-205-209>. EDN IKIJRV.
2. Татьяничева О. Е., Королев А. В., Агеев Б. В. Современные подкислители в птицеводстве. СПб. : Лань, 2020. 192 с.
3. Иванищева А. П., Сизова Е. А., Яушева Е. В. Использование пребиотиков на основе олиго- и дисахаридов в птицеводстве – мини-обзор // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58. № 4. С. 609–621. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2023.4.609rus>. EDN VBJPBW.
4. Елисеева Т. А. Витамины в кормлении сельскохозяйственных животных : монография. М. : Росинформаротех, 2018. 184 с.
5. Гласкович М. А., Папсуева М. И., Кочина И. В., Савицкий Д. С., Лодыга А. М. Эффективность применения в птицеводстве кормовых добавок различного механизма действия : рекомендации производству. Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. 82 с. EDN JQYVTD.
6. Рязанцева К. В., Сизова Е. А., Нечитайло К. С., Кван О. В. Мясная продуктивность цыплят-бройлеров при скармливании ферментов в комбинации с цинком // Птицеводство. 2023. № 11. С. 41–46. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2023-72-11-41-46>. EDN AKWPTYK.
7. Правдин И. В., Кисиева М. Т., Смирнова К. Л. Лечебно-профилактические фито-комплексы в животноводстве // Ветеринария. 2023. № 1. С. 34–39.
8. Дускаев Г. К., Климова Т. А. Фитохимические вещества в кормлении сельскохозяйственной птицы: перспективы использования // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 3. С. 137–152. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-137>. EDN PXTYQE.
9. Taer Albino N., Posesano Georgito G., Masuhay Edilmar P. Potency of phytobiotics in herbal spices as an antimicrobial growth promoter in broiler chicken diets: a review // International Journal of Innovative Science and Research Technology. 2020. Vol. 5. Iss. 2. P. 571–579. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18558.61769>.
10. Balenovich M., Savich V., Yanetsich Z., Popovich M., Shimpraga B., Karovich-Stanko K. [i dr.]Immunomoduliruyushcheye i antimikrobnoye deystviye izbrannykh trav na kurnesushek // Veterinarski Arhiv. 2018. Vol. 88. No. 5. P. 673–686. <https://doi.org/10.24099/vet.arhiv.0104>.
11. Конюхова О. М., Дегтярева К. А., Михайлова Е. Н., Пачкунов Д. М. Оценка антимикробной активности экстракта коры осины // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2019. № 3 (43). С. 90–98. <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2019.3.90>. EDN JUKCXH.
12. Кузнецов Б. Н., Левданский В. А., Кедрова Л. К., Еськин Л. К., Полежаева Н. И., Сафронова Л. В. [и др.]. Выделение и изучение экстрактивных продуктов коры осины // Химия растительного сырья. 1998. № 3. С. 5–12. EDN HYSSEX.
13. Крячко О. И., Лукьянова Л. В. Современные бутиратные добавки в птицеводстве // Ветеринарная патология. 2020. № 2. С. 45–51.

14. Кисиева М. Т., Петрова И. С., Сидорова Ю. А. Оптимизация состава премиксов с фитобиотиками // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 5. С. 78–83.

References

1. Sycheva L. V., Yunusova O. Yu. Application of acidifiers in feeding broiler chickens. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny imeni N. E. Baumana*, 2019;239;3:205–209. <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-239-3-205-209>. EDN IKIJRV (in Russ.).
2. Tatyanchicheva O. E., Korolev A. V., Ageev B. V. *Modern acidifiers in poultry farming*, Saint-Petersburg, Lan', 2020, 192 p. (in Russ.).
3. Ivanishcheva A. P., Sizova E. A., Yausheva E. V. The use of prebiotics based on oligo- and disaccharides in poultry farming – a mini review. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2023;58;4:609–621. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2023.4.609rus>. EDN VBJPBW (in Russ.).
4. Eliseeva T. A. *Vitamins in feeding farm animals: monograph*, Moscow, Rosinformagrotekh, 2018, 184 p. (in Russ.).
5. Glaskovich M. A., Papsueva M. I., Kochina I. V., Savitskii D. S., Lodyga A. M. *Efficiency of using feed additives with different mechanisms of action in poultry farming: recommendations for production*, Gorki, Belorusskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2019, 82 p. EDN JQYVTD (in Russ.).
6. Ryazantseva K. V., Sizova E. A., Nechitaylo K. S., Kvan O. V. Meat productivity in broilers fed a combination of enzymes and zinc nanoparticles. *Ptitsevodstvo*, 2023;11:41–46. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2023-72-11-41-46>. EDN AKWPYK (in Russ.).
7. Pravdin I. V., Kiseva M. T., Smirnova K. L. Therapeutic and prophylactic phytocomplexes in animal husbandry. *Veterinariya*, 2023;1:34–39 (in Russ.).
8. Duskaev G. K., Klimova T. A. Phytochemicals in poultry nutrition: prospects for use. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2022;105;3:137–152. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-137>. EDN PXTYQE (in Russ.).
9. Taer Albino N., Posesano Georgito G., Masuhay Edilmar P. Potency of phytobiotics in herbal spices as an antimicrobial growth promoter in broiler chicken diets: a review. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 2020;5;2:571–579. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18558.61769>.
10. Balenovich M., Savich V., Yanetsich Z., Popovich M., Shimpraga B., Karovich-Stanko K. [i dr.] Immunomoduliruyushcheye i antimikrobnoye deystviye izbrannykh trav na kur-nesushek. *Veterinarski Arhiv*, 2018;88;5:673–686. <https://doi.org/10.24099/vet.arhiv.0104>. (in Slovenian)
11. Konukhova O. M., Degtyareva K. A., Mikhailova E. N., Pachkunov D. M. Estimation of antimicrobial activity of bark extract. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie*, 2019;3(43):90–98. <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2019.3.90>. EDN JUKCXH (in Russ.).
12. Kuznetsov B. N., Levanskii V. A., Kedrova L. K., Eskin L. K., Polezhaeva N. I., Safronova L. V. [et al.]. Isolation and study of aspen bark extractive products. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 1998;3:5–12. EDN HYSSEX (in Russ.).
13. Kryachko O. I., Lukyanova L. V. Modern butyrate additives in poultry farming. *Veterinarnaya patologiya*, 2020;2:45–51 (in Russ.).
14. Kiseva M. T., Petrova I. S., Sidorova Yu. A. Optimization of the composition of premixes with phytobiotics. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2022;36;5:78–83 (in Russ.).

© Овчинников А. А., Мокин А. С., 2025

Статья поступила в редакцию 11.04.2025; одобрена после рецензирования 10.06.2025; принята к публикации 16.06.2025.

The article was submitted 11.04.2025; approved after reviewing 10.06.2025; accepted for publication 16.06.2025.

Информация об авторах

Овчинников Александр Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Южно-Уральский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7530-3159>, Author ID: 119247, ovchin@bk.ru;

Мокин Артем Сергеевич, аспирант, Южно-Уральский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3439-4792>, mokin_zxc@mail.ru

Information about the authors

Alexander A. Ovchinnikov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Feeding, Animal Hygiene, Technology of Production and Processing of Agricultural Products, South Ural State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7530-3159>, Author ID: 119247, ovchin@bk.ru;

Artem S. Mokin, Postgraduate Student, South Ural State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3439-4792>, mokin_zxc@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 591.181(571.56)

EDN PULOIY

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-72-82>

Электрофизиологические показатели вариационной пульсометрии якутского аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия)

Евгений Евгеньевич Степура¹, Валерий Иннокентьевич Федоров²^{1,2} Арктический государственный агротехнологический университет
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

Аннотация. В статье представлены электрофизиологические исследования по анализу вариационных пульсограмм методом математического анализа variability сердечного ритма электрокардиограммы. Получены референтные значения и установлены породные особенности якутского аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия). Кардиоинтервалометрия дает оценку состоянию вегетативного гомеостаза, а также рассматривает взаимодействие симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, а именно автономного и центрального контура управления ритмом сердца. Оценка функционального состояния организма по variability сердечного ритма является одним из методов неинвазивного контроля гуморальной и автономной нервной регуляции. Объектом исследования выступал якутский аборигенный крупный рогатый скот Республики Саха (Якутия) разных возрастных групп. Функциональные показатели сердечно-сосудистой системы как интегральные критерии адаптационных возможностей организма являются ведущими показателями, отображающими равновесие между организмом и окружающей средой. Механизмы вегетативной регуляции играют главную роль в обеспечении адаптационных реакций организма и поддержании гомеостаза при изменении окружающей среды. Для анализа и снятия электрокардиограммы у исследуемых животных использовали комплексную переносную электрофизиологическую лабораторию (программа CONAN-4.5 в системе фронтальных отведений по методике М. П. Рошечского). Клинические методы исследования проводились по методикам клинического осмотра животных Б. В. Уша и включали осмотр, пальпацию, перкуссию и аускультацию сердечной области. В результате научно-исследовательской работы были получены и физиологически обоснованы показатели вариационной пульсометрии: первичные и вторичные показатели Баевского, индексы Каплана, а также показатели сердечного стресса и сердечной аритмии.

Ключевые слова: якутский аборигенный крупный рогатый скот, электрокардиограмма, индекс напряжения, вариационная пульсометрия, variability сердечного ритма, исходный вегетативный тонус

Для цитирования: Степура Е. Е., Федоров В. И. Электрофизиологические показатели вариационной пульсометрии якутского аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия) // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 72–82. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-72-82>.

Original article

Electrophysiological indicators of variation pulsometry of Yakut aboriginal cattle of the Republic of Sakha (Yakutia)

Evgeniy E. Stepura¹, Valery I. Fedorov²^{1,2} Arctic State Agrotechnological University
Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

Abstract. The article presents electrophysiological studies on the analysis of variation pulsograms by the method of mathematical analysis of heart rate variability of the electrocardiogram.

On this basis reference values were obtained and breed characteristics of the Yakut aboriginal cattle of the Republic of Sakha (Yakutia) were established. Cardiointervalometry assesses the state of vegetative homeostasis and also considers the interaction of the sympathetic and parasympathetic divisions of the autonomic nervous system, namely the autonomic and central heart rhythm control circuit. Evaluation of the functional state of the body by heart rate variability is one of the methods of non-invasive control of humoral and autonomic nervous regulation. The object of the study in the work was the Yakut aboriginal cattle of the Republic of Sakha (Yakutia) of different age groups. Functional indicators of the cardiovascular system as integral criteria of the adaptive capabilities of the body are the leading indicators reflecting the balance between the body and the environment. The mechanisms of vegetative regulation play a major role in ensuring the adaptive reactions of the organism and maintaining homeostasis when the environment changes. For the analysis and recording of the electrocardiogram in the animals under study, a complex portable electrophysiological laboratory (program CONAN-4.5 in the frontal leads system according to the methodology of M. P. Roshchevsky) was used. Clinical research methods were carried out according to the methods of clinical examination of animals by B. V. Usha and included examination, palpation, percussion and auscultation of the cardiac region. As a result of the research work, the indicators of variation pulsometry were obtained and physiologically substantiated, such as primary and secondary indicators of Baevsky, Kaplan indices, as well as indicators of cardiac stress and cardiac arrhythmia.

Keywords: Yakut aboriginal cattle, electrocardiogram, stress index, variational pulsometry, heart rate variability, initial vegetative tone

For citation: Stepura E. E., Fedorov V. I. Electrophysiological indicators of variation pulsometry of Yakut aboriginal cattle of the Republic of Sakha (Yakutia). *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:72–82. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-2-72-82>.

Введение. Увеличение поголовья сельскохозяйственных животных и повышение их продуктивности – одна из важнейших государственных задач, решение которой во многом зависит от получения и сохранения жизнеспособного, здорового животного [1].

Кардиоинтервалометрия дает оценку состоянию вегетативного гомеостаза, а также рассматривает взаимодействие симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, а именно автономного и центрального контура управления ритмом сердца [2].

Применение метода математического анализа для исследования сердечно-сосудистой деятельности у крупного рогатого скота изучалось немногими исследователями (в частности А. С. Емельяновой, С. В. Никитовым, Е. И. Луповой и др.). Однако данная методика была апробирована не на всех породах коров, а только на голштинской, чернопестрой, симментальской и джерсейской [3].

Оценка функционального состояния организма по вариабельности сердечного ритма (ВСР) является одним из методов неинвазивного контроля гуморальной и автономной нервной регуляции [4].

Для исследования ВСР в российской литературе традиционно чаще использовались показатели вариационной пульсометрии (M_o , AM_o и ΔX) и расчет временных показателей изменчивости интервалов RR ($pnn50$, $rMMSD$). Одним из основных достоинств данных показателей является их относительная простота вычисления [5].

Особый интерес вызывают результаты работы по анализу взаимосвязи показателей вариабельности ритма сердца у аборигенного крупного рогатого скота. В частности, установлена выраженная зависимость между показателями, характеризующими ВСР в целом, у черно-пестрой и джерсейской пород. Авторами оценены корреляционные связи между большинством вариационных, временных и спектральных показателей ВСР [6].

В этой связи исследования показателей вариабельности сердечного ритма для аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия) актуальны. Это обусловлено тем, что на текущий момент отсутствуют данные, учитывающие породные особенности животных. Кроме того, проводимые исследования помогут в дальнейшем осуществлять прогнозирование молочной продуктивности [7, 8].

Целью исследований явилось проведение анализа электрофизиологических показателей вариационных пульсограмм методом математического анализа вариабельности сердечного ритма электрокардиограммы и на этой основе установление породных особенностей якутского аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия).

Для достижения цели поставлены следующие задачи исследований электрофизиологических показателей по группе изучаемых животных:

1. Определить параметры первичных показателей вариационных пульсограмм (мода, амплитуда моды и вариационный размах).

2. Установить параметры вторичных показателей вариационных пульсограмм (индекс вегетативного равновесия (ИВР), вегетативный показатель ритма (ВПР) и показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР), индекс напряжения (ИН) регуляторных систем организма).

3. Проанализировать параметры индексов Каплана вариационных пульсограмм (индекс дыхательный модуляции (ИДМ), индекс симпато-адреналового то-

нуса (ИСАТ), индекс медленно-волновой (функциональной) аритмии (ИМА)).

4. Определить параметры показателей сердечного стресса и сердечной аритмии вариационных пульсограмм.

5. Провести корреляционный анализ между показателями вариационной пульсометрии.

Материалы и методы исследований. Клиническое и электрокардиографическое исследование якутского аборигенного крупного рогатого скота проводили в государственном казенном учреждении Республики Саха (Якутия) «Якутский скот» в июне 2024 г. В период проведения исследований животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания в соответствии с зоогигиеническими требованиями (рис. 1).

Перед тем как провести электрокардиографические обследования, крупный рогатый скот в присутствии ветеринарного врача хозяйства проходил контрольный осмотр, чтобы исключить наличие инфекционных и неинфекционных заболеваний, так как многие болезни могут оказать как прямое, так и косвенное воздействие на состояние сердечно-сосудистой системы.



Рисунок 1 – Содержание якутского аборигенного крупного рогатого скота в ГКУ Республики Саха (Якутия) «Якутский скот»

Figure 1 – Maintenance of Yakut aboriginal cattle in the state-owned institution of the Republic of Sakha (Yakutia) "Yakut cattle"

Клинические методы исследования включали осмотр, пальпацию, перкуссию, аускультацию и термометрию.

В работе использовали метод вариабельности сердечного ритма, который является общепринятым для оценки функционального состояния регуляторных систем, а также врожденных функциональных резервов организма (рис. 2).

Анализ проведен с использованием методики Р. М. Баевского; регистрировался синусовый сердечный ритм с последующим анализом его структуры [1].

Регистрация кардиоинтервалограмм (КИГ) проводилась в системе фронтальных отведений с помощью специализированной электрофизиологической лаборатории CONAN 4.5. ЭКГ снималась за 2–3 часа до приема пищи, когда частота пульса стабилизировалась. Регистрировали 200 последовательных кардиоинтервалов (КИ, R-R). Рассчитывали индекс напряжения (ИН) регуляторных систем, первичные и вторичные показатели вариационной пульсометрии Р. М. Баевского, индексы Каплана, показатели сердечного стресса и сердечной аритмии.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате работы были получены и проанализированы ЭКГ и изуче-

ны кардиоинтервалы R-R в динамическом ряду. Функциональное состояние системы кровообращения находит свое отражение в изучении вариационных пульсограмм. Анализ этих значений заключается в расчете характеристик сердечного ритма.

Числовыми характеристиками электрокардиограмм являются мода, амплитуда моды и вариационных размах, которые дают возможность оценить, какой отдел вегетативной нервной системы преобладает в регуляции сердечного ритма. Данные показатели приведены в таблице 1.

Мода характеризует наиболее вероятный уровень функционирования системы кровообращения и гуморальный канал регуляции. Для исследуемой группы якутского аборигенного крупного рогатого скота среднее значение данного показателя составило $0,71 \pm 0,012$ с (изменяется в пределах от 0,681 до 0,736 с).

Амплитуда моды отражает стабилизирующий эффект централизации управления ритмом сердца, то есть определяет состояние активности симпатического отдела ВНС. Для исследуемой группы якутского аборигенного крупного рогатого скота среднее значение показателя составило $54,3 \pm 1,7$ % (изменяется в пределах от 50,45 до 58,14 %).



Рисунок 2 – Регистрация ЭКГ у якутского аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия)

Figure 2 – ECG registration in Yakut aboriginal cattle of the Republic of Sakha (Yakutia)

Таблица 1 – Первичные показатели вариационной пульсометрии якутского аборигенного крупного рогатого скота**Table 1 – Primary indicators of variational pulsometry of Yakut aboriginal cattle**

Показатели	Значения		
	M±m	Lim _{max}	Lim _{min}
Индекс напряжения, у. е.	72,40±22,66	123,67	21,12
Частота сердечных сокращений, уд./мин	83,20±2,08	87,91	78,48
Электрическая ось сердца, град.	43,50±1,82	47,63	39,36
Мода, с	0,71±0,012	0,736	0,681
Амплитуда моды, %	54,30±1,70	58,14	50,45
Вариационный размах, с	0,861±0,21	1,32	0,39

Вариационный размах отражает уровень активности парасимпатического отдела ВНС. Для исследуемой группы животных его среднее значение составило 0,861±0,21 с (изменяется в пределах от 0,39 до 1,32 с).

Индекс напряжения регуляторных систем организма определяет степень централизации управления сердечным ритмом над автономным. Для исследуемой группы животных его среднее значение составило 72,40±22,66 у. е. (изменяется от 21,12 до 123,67 у. е.).

Частота сердечных сокращений отражает функциональное состояние организма. Для исследуемой группы животных среднее значение показателя составило 83,2±2,08 уд./мин (изменяется от 78,48 до 87,91 уд./мин).

В таблице 2 представлены вторичные показатели вариационных пульсограмм и проведен их анализ. Показатели отражают активность симпатического или парасимпатического отделов вегетативной нервной системы животных.

Квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMMSSD) отражает влияние парасимпатического отдела вегетативной нервной системы на ритм сердца, в том числе на синусовую аритмию, связанную с дыханием. Среднее значение показателя для исследуемого скота составило 202,17±60,78 мс, изменяясь в пределах от 64,67 до 339,67 мс.

Число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов в массиве (pNN50) отражает влияние парасимпатического отдела на сердечный ритм, в том числе на проявление синусовой аритмии, связанной с дыханием. В среднем оно составило 27,09±5,11 %, изменяясь от 15,54 до 38,62 % для якутского аборигенного крупного рогатого скота.

Индекс вегетативного равновесия (ИВР) определяет соотношение активности парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы. Изменяется от 32,07 до 168,32 у. е. и

Таблица 2 – Вторичные показатели вариационной пульсометрии якутского аборигенного крупного рогатого скота**Table 2 – Secondary indicators of variational pulsometry of Yakut aboriginal cattle**

Показатели	Значения		
	M±m	Lim _{max}	Lim _{min}
ИВР, у. е.	100,20±30,12	168,32	32,07
ВПР, с	2,80±0,78	4,57	1,02
ПАПР, %	76,80±2,77	83,07	70,52
RMMSSD, мс	202,17±60,78	339,67	64,67
pNN50, %	27,09±5,11	38,62	15,54

в среднем составляет $100,2 \pm 30,12$ у. е. для исследуемых животных.

Вегетативный показатель ритма (ВПР) – баланс симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. В среднем для якутского аборигенного крупного рогатого скота составил $2,8 \pm 0,78$ у. е. и изменяется от 1,02 до 4,57 у. е.

Показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР) определяет активность симпатического отдела ВНС, контролирует и определяет ведущий уровень функционирования синусового узла. В среднем равен $76,8 \pm 2,77$ у. е., изменяясь от 70,52 до 83,07 у. е.

При анализе вариационной пульсометрии были получены и проанализированы показатели Каплана для якутского аборигенного крупного рогатого скота, представленные в таблице 3.

Индекс дыхательный модуляции (ИДМ) оценивает степень влияния дыхательного ритма на вариабельность кардиоинтервалов в среднем для соответствующих животных. Он составил $13,33 \pm 3,61$ % и изменяется от 5,18 до 21,47 %.

Значение индекса симпато-адреналового тонуса (ИСАТ) используют для оценки сердечной деятельности. В проводимых исследованиях индекс соста-

вил $79,7 \pm 24,77$ %, изменяясь от 23,65 до 135,74 %.

Индекс медленно-волновой (функциональной) аритмии (ИМА) оценивает состояние организма животных на аритмии. Для исследуемого скота его значение в среднем составило $8,8 \pm 0,78$ % и изменялось от 3,54 до 16,81 %.

Показатели, характеризующие активность сердечной деятельности, для аборигенного крупного рогатого скота представлены в таблице 4.

Индекс показателя сердечного стресса (ПСС) предназначен для оценки вариабельности кардиоинтервалов, выражающейся в присутствии кардиоинтервалов одинаковой или очень близкой длительности с различием до 5 мс. Его среднее значение в норме и равно $32,10 \pm 3,14$ % (изменяется от 24,99 до 39,21 %).

Индекс показателя сердечной аритмии (ПСА) предназначен для оценки экстравариабельности кардиоинтервалов или уровня аритмии. Значение индекса для аборигенного крупного рогатого скота составило $6,01 \pm 0,62$ % (изменяется от 4,58 до 7,43 %).

Таким образом, полученные референтные значения вариационной пульсометрии предназначены для оценки состояния сердечного ритма у исследуемого

Таблица 3 – Показатели Каплана вариационной пульсометрии якутского аборигенного крупного рогатого скота

Table 3 – Kaplan indicators of variation pulsometry of Yakut aboriginal cattle

Показатели	Значения		
	M±m	Lim _{max}	Lim _{min}
Индекс дыхательной модуляции, %	$13,33 \pm 3,61$	21,47	5,18
Индекс симпато-адреналового тонуса, %	$79,70 \pm 24,77$	135,74	23,65
Индекс медленно-волновой аритмии, %	$8,80 \pm 0,78$	16,81	3,54

Таблица 4 – Показатели сердечного стресса и сердечной аритмии вариационной пульсометрии якутского аборигенного крупного рогатого скота

Table 4 – Cardiac stress indices and cardiac arrhythmia indices of variational pulsometry of Yakut aboriginal cattle

Показатели	Значения		
	M±m	Lim _{max}	Lim _{min}
Индекс показателя сердечного стресса, %	$32,10 \pm 3,14$	39,21	24,99
Индекс показателя сердечной аритмии, %	$6,01 \pm 0,62$	7,43	4,58

аборигенного крупного рогатого скота Республики Саха (Якутия).

Практический интерес представляет специфика функциональной организации вегетативного обеспечения, так как эффективность адаптации и функциональные возможности сердечно-сосудистой системы определяются не только состоянием систем регуляции, но и качеством их взаимодействия.

Применение в данном исследовании метода корреляции Пирсона с анализом структурной архитектуры множественных взаимосвязей позволило выявить вклад системных компонентов в формирование функционального состояния сердечно-сосудистой системы у аборигенной породы крупного рогатого скота.

Далее по тексту в скобках указаны значения коэффициентов корреляции, полученные в ходе исследований и отраженные в таблице 5.

Индекс напряжения регуляторных систем у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с модой ($-0,48$); амплитудой моды ($-0,04$); вариационным размахом ($-0,65$); индексом вегетативного равновесия ($0,99$); вегетативным показателем ритма ($0,98$); показателем адекватности процессов регуляции ($0,22$); частотой сердечных сокращений ($0,51$); индексом дыхательной модуляции ($-0,67$); индексом симпато-адреналового тонуса ($0,88$); индексом медленно-волновой аритмии ($0,55$); показателем сердечного стресса ($0,28$); показателем сердечной аритмии ($-0,08$); квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ($-0,63$); процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ($-0,44$).

Мода у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с амплитудой моды ($-0,12$); вариационным размахом ($-0,13$); индексом вегетативного равновесия ($-0,42$); вегетативным показателем ритма ($-0,43$); показателем адекватности процессов регуляции ($-0,59$); частотой сердечных сокращений ($-0,84$); индексом дыхательной модуляции ($0,37$); индексом симпато-адреналового тонуса ($-0,22$); индексом медленно-волновой аритмии ($0,11$); показателем сердечного стресса ($-0,44$); показателем сердеч-

ной аритмии ($0,43$); квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ($0,41$); процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ($0,35$).

Амплитуда моды у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с вариационным размахом ($0,21$); индексом вегетативного равновесия ($-0,05$); вегетативным показателем ритма ($-0,16$); показателем адекватности процессов регуляции ($0,87$); частотой сердечных сокращений ($-0,17$); индексом дыхательной модуляции ($0,21$); индексом симпато-адреналового тонуса ($-0,06$); индексом медленно-волновой аритмии ($-0,32$); показателем сердечного стресса ($0,36$); показателем сердечной аритмии ($0,25$); квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ($0,21$); процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ($-0,49$).

Вариационный размах у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с индексом вегетативного равновесия ($-0,66$); вегетативным показателем ритма ($-0,66$); показателем адекватности процессов регуляции ($0,21$); частотой сердечных сокращений ($-0,04$); индексом дыхательной модуляции ($0,31$); индексом симпато-адреналового тонуса ($-0,58$); индексом медленно-волновой аритмии ($-0,42$); показателем сердечного стресса ($0,11$); показателем сердечной аритмии ($0,17$); квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ($0,24$); процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R ($-0,35$).

Индекс вегетативного равновесия у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с вегетативным показателем ритма ($0,98$); показателем адекватности процессов регуляции ($0,18$); частотой сердечных сокращений ($0,46$); индексом дыхательной модуляции ($-0,68$); индексом симпато-адреналового тонуса ($0,92$); индексом медленно-волновой аритмии ($0,61$); показателем сердечного стресса ($0,30$); показателем сердечной аритмии ($-0,04$); квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N ($-0,64$); процентом от об-

Таблица 5 – Значения коэффициентов корреляции вариационной пульсометрии у аборигенной породы крупного рогатого скота в состоянии относительного покоя ($p \leq 0,05$)

Table 5 – Values of the correlation coefficients of variational pulsometry in an aboriginal breed of cattle in a state of relative rest ($p \leq 0,05$)

Показатели	Mo	AMo	ΔX	ЧСС	ЭОС	ИВР	ВНР	ПАПР	RMMSSD	pNN50	ИДМ	ИСАТ	ИМА	ПСС	ПСА
ИН	-0,48	-0,04	-0,65	0,51	-0,09	0,99	0,98	0,22	-0,63	-0,07	-0,67	0,88	0,55	0,28	-0,08
Mo	–	-0,12	-0,13	-0,84	-0,03	-0,42	-0,43	-0,59	0,41	0,35	0,37	-0,22	0,11	-0,44	0,43
AMo	–	–	0,21	-0,17	0,33	-0,05	-0,16	0,87	0,21	-0,49	0,21	-0,06	-0,32	0,36	0,25
ΔX	–	–	–	-0,04	0,29	-0,66	-0,66	0,21	0,24	-0,35	0,31	-0,58	-0,42	0,11	0,17
ЧСС	–	–	–	–	-0,15	0,46	0,52	0,27	-0,73	-0,33	-0,69	0,28	0,055	0,43	-0,62
ЭОС	–	–	–	–	–	-0,11	-0,13	0,31	0,16	-0,26	0,18	-0,17	-0,21	0,35	0,52
ИВР	–	–	–	–	–	–	0,98	0,18	-0,64	-0,09	-0,68	0,92	0,61	0,30	-0,04
ВНР	–	–	–	–	–	–	–	0,09	-0,72	-0,02	-0,76	0,87	0,61	0,24	-0,14
ПАПР	–	–	–	–	–	–	–	–	-0,04	-0,55	-0,02	0,07	-0,32	0,51	-0,02
RMMSSD	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,36	0,99	-0,61	-0,52	-0,44	0,31
pNN50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,32	-0,26	-0,21	-0,92	-0,25
ИДМ	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	-0,65	-0,56	-0,40	0,29
ИСАТ	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,83	0,41	0,20
ИМА	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,35	0,27
ПСС	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,17

щего количества последовательных пар интервалов R–R (–0,09).

Вегетативный показатель ритма у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с показателем адекватности процессов регуляции (0,09); частотой сердечных сокращений (0,52); индексом дыхательной модуляции (–0,76); индексом симпатно-адреналового тонуса (0,87); индексом медленно-волновой аритмии (0,61); показателем сердечного стресса (0,24); показателем сердечной аритмии (–0,14); квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N (–0,72); процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (–0,02).

Показатель адекватности процессов регуляции у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с частотой сердечных сокращений (0,27); индексом дыхательной модуляции (–0,02); индексом симпатно-адреналового тонуса (0,07); индексом медленно-волновой аритмии (–0,32); показателем сердечного стресса (0,51); показателем сердечной аритмии (–0,02); квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N (–0,04); процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (–0,55).

Квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (0,36); индексом дыхательной модуляции (0,99); индексом симпатно-адреналового тонуса (–0,61); индексом медленно-волновой аритмии (–0,52); показателем сердечного стресса (–0,44); показателем сердечной аритмии (0,31).

Процент от общего количества последовательных пар интервалов R–R у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с индексом дыхательной модуляции (0,32); индексом симпатно-адреналового тонуса (–0,26); индексом медленно-волновой аритмии (–0,21); показателем сердечного стресса (–0,92); показателем сердечной аритмии (–0,25).

Индекс дыхательной аритмии у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с индексом симпатно-адреналового тонуса (–0,65); индексом медленно-волновой аритмии (–0,56); показателем сердечного стресса (–0,40); показателем сердечной аритмии (0,29).

Индекс симпатно-адреналового тонуса у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с индексом медленно-волновой аритмии (0,83); показателем сердечного стресса (0,41); показателем сердечной аритмии (0,20).

Индекс медленно-волновой аритмии у аборигенной породы крупного рогатого скота имеет корреляционные взаимосвязи с показателем сердечного стресса (0,35) и показателем сердечной аритмии (0,27). Показатель сердечного стресса имеет корреляционные взаимосвязи с показателем сердечной аритмии (0,17).

Заключение. Таким образом, при анализе функционального состояния организма методом математического анализа вариабельности сердечного ритма были получены и изучены показатели вариационных пульсограмм. На основании этих данных установлены породные особенности якутского аборигенного крупного рогатого скота:

1. Установлены особенности *первичных показателей вариационной пульсометрии*: мода – $0,71 \pm 0,012$ с; амплитуда моды – $54,3 \pm 1,7$ %; вариационный размах – $0,861 \pm 0,21$ с; индекс напряжёния регуляторных систем организма – $72,40 \pm 22,66$ у. е.; частота сердечных сокращений – $83,2 \pm 2,08$ уд./мин.

2. Дан анализ *вторичных показателей вариационной пульсометрии*: RMMSSD (квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов) – $202,17 \pm 60,78$ мс; pNN50 (число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов в массиве) – $27,09 \pm 5,11$ %; индекс вегетативного равновесия – $100,2 \pm 30,12$ у. е.; показатель адекватности процессов регуляции – $76,8 \pm 2,77$ у. е.; вегетативный показатель ритма – $2,8 \pm 0,78$ у. е.

3. Установлены *индексы Каплана*: индекс дыхательный модуляции –

13,33±3,61 %; индекс симпато-адреналового тонуса – 79,7±24,77 %; индекс медленно-волновой (функциональной) аритмии – 8,8±0,78 %.

4. Выявлены *показатели, характеризующие активность сердечной деятельности*: показатель сердечного стресса – 32,10±3,14 %; показатель сердечной аритмии – 6,01±0,62 %.

5. Проведен корреляционный анализ и *установлены коэффициенты корреляции между показателями вариационной пульсометрии у аборигенного крупного рогатого скота в состоянии относительного покоя* ($p \leq 0,05$), что позволило определить вклад системных компонентов в формирование функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Список источников

1. Емельянова А. С., Степура Е. Е., Борычева Ю. П., Герасимов М. А., Емельянов Д. С. Динамика ВСР животных и ее корреляция с молочной продуктивностью и возрастом // Генетика и разведение животных. 2019. № 2. С. 129–134. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-2-129-134>. EDN FLAKNQ.
2. Наумов М. М., Емельянова А. С., Наумов Н. М., Степура Е. Е., Брусенцев И. А. Клиническая электрофизиология животных. Курск : Курская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. 228 с. <https://doi.org/10.18411/978-5-907167-41-4-2020>. EDN MWJAPL.
3. Емельянова А. С., Емельянов С. Д., Герасимов М. А. Амплитуда моды у молодняка крупного рогатого скота в возрасте одного месяца // Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии : материалы I нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет, 2021. С. 188–192. EDN YUTNGK.
4. Ипполитова Т. В., Олешкевич А. А., Шевкопляс В. Н. Состояние физиологической адаптации продуктивных животных на фермах промышленного типа // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2020. № 2 (46). С. 3–10. <https://doi.org/10.24411/2074-5036-2020-10012>. EDN BKULAM.
5. Караваев А. П. Берестов Д. С. Влияние уровня молочной продуктивности на электрокардиографические показатели коров // Вклад молодых ученых в реализацию приоритетных направлений развития аграрной науки : материалы нац. науч.-практ. конф. молодых ученых. Ижевск : Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. С. 130–134. EDN YIWTZR.
6. Сабетова К. Д., Кочуева Н. А. Мониторинг показателей электрокардиограммы телочек костромской породы при миокардиодистрофии // Актуальные проблемы науки в АПК : материалы 70-й междунар. науч.-практ. конф. Караваев : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 189–193. EDN YSKZWA.
7. Муничева М. Н., Кочуева Н. А. Показатели электрокардиографического исследования у высокопродуктивных коров костромской породы в сухостойном периоде // Труды Костромской государственной сельскохозяйственной академии. Вып. 86. Кострома : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. С. 52–55. EDN YUNRJI.
8. Сабетова К. Д., Кочуева Н. А. Электрокардиография телят костромской породы в норме и при миокардиодистрофии // Актуальные вопросы развития науки и технологий : материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Караваев : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. С. 114–117. XZMOSD.

References

1. Emelyanova A. S., Stepura E. E., Borycheva Yu. P., Gerasimov M. A., Emelyanov D. S. The dynamics of HRV animals and their correlations with milk yield and age. *Genetika i razvedenie zhivotnykh*, 2019;2:129–134. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-2-129-134>. EDN FLAKNQ (in Russ.).
2. Naumov M. M., Emelyanova A. S., Naumov N. M., Stepura E. E., Brusentsev I. A. *Clinical electrophysiology of animals*, Kursk, Kurskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2020, 228 p. <https://doi.org/10.18411/978-5-907167-41-4-2020>. EDN MWJAPL (in Russ.).

3. Emelyanova A. S., Emelyanov S. D., Gerasimov M. A. Mode amplitude in young cattle at the age of first month. Proceedings from Development of scientific and resource potential of agrarian production: priorities and technologies: *I Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem*. (PP. 188–192), Ryazan, Ryazanskii gosudarstvennyi agrotekhnologicheskii universitet, 2021. EDN YUTNGK (in Russ.).

4. Ippolitova T. V., Oleshkevich A. A., Shevkoplyas V. N. Physiological adaptation's state of productive animals from industrial-type farms. *Aktual'nye voprosy veterinarnoi biologii*, 2020;2(46):3–10. <https://doi.org/10.24411/2074-5036-2020-10012>. EDN BKULAM (in Russ.).

5. Karavaev A. P., Berestov D. S. The influence of the level of milk productivity on the electrocardiographic parameters of cows. Proceedings from Contribution of young scientists to the implementation of priority areas for the development of agricultural science: *Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh*. (PP. 130–134), Izhevsk, Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2021. EDN YIWTZP (in Russ.).

6. Sabetova K. D., Kochueva N. A. Electrocardiogram monitoring of heifers of Kostroma breed suffering from myocardiodystrophy. Proceedings from Actual problems of science in agro-industrial complex: *70-ya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 189–193), Karavaevo, Kostromskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2019. EDN YSKZWA (in Russ.).

7. Municheva M. N., Kochueva N. A. Indicators of electrocardiographic studies in high-productive cows of Kostroma breed in their dry period. Proceedings from *Trudy Kostromskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. (PP. 52–55), Kostroma, Kostromskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2017. EDN YUNRJI (in Russ.).

8. Sabetova K. D., Kochueva N. A. Electrocardiography calves Kostroma breed in health and myocardiodystrophy. Proceedings from Topical issues of science and technology development: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh*. (PP. 114–117), Karavaevo, Kostromskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2018, EDN XZMOSD (in Russ.).

© Степура Е. Е., Федоров В. И., 2025

Статья поступила в редакцию 12.03.2025; одобрена после рецензирования 12.05.2025; принята к публикации 16.05.2025.

The article was submitted 12.03.2025; approved after reviewing 12.05.2025; accepted for publication 16.05.2025.

Информация об авторах

Степура Евгений Евгеньевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии сельскохозяйственных животных и экологии, Арктический государственный агротехнологический университет;

Федоров Валерий Иннокентьевич, доктор биологических наук, ректор, Арктический государственный агротехнологический университет

Information about the authors

Evgeniy E. Stepura, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physiology of Farm Animals and Ecology, Arctic State Agrotechnological University;

Valery I. Fedorov, Doctor of Biological Sciences, Rector, Arctic State Agrotechnological 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 619:616.1/.4-084:636.4

EDN QPCAVG

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-83-95>

**Биохимическая диагностика
гепатодистрофии свиноматок в период супоросности**

Наталья Константиновна Хлебус

СП ООО «ФАРМЛЭНД», Минск, Республика Беларусь

natali_chleb@tut.by

Аннотация. В статье представлена информация об изменениях биохимического состава крови у свиноматок различных возрастов (ранее не поросившихся – с одним опоросом; с двумя – тремя опоросами; с четырьмя и большим количеством опоросов) и различных сроков супоросности (30; 60 и 90 дней). Установленные изменения биохимического состава сыворотки крови у супоросных свиноматок характеризовали признаки биохимического синдрома печеночно-клеточной недостаточности, развитие интоксикации, цитолиза и холестаза. На развитие биохимического синдрома печеночно-клеточной недостаточности и интоксикации указывали соответственно абсолютная гипоальбуминемия, снижение альбумин-протеинового соотношения и повышение в сыворотке крови концентрации креатинина. Содержание мочевины в сыворотке крови (снижение либо нахождение в пределах физиологических колебаний) также свидетельствовало о синдроме печеночно-клеточной недостаточности. Изменения показателей углеводного, липидного и пигментного обменов у свиноматок различных возрастов и периодов супоросности показывают, что с увеличением возраста и периода супоросности в печени развиваются дистрофические процессы, приводящие к статистически значимому снижению концентраций общего холестерина и триглицеридов. В то же время с ростом количества опоросов и периода супоросности в сыворотке крови нарастает содержание общего билирубина, что указывает на разрушение или повышение проницаемости мембран гепатоцитов (синдром цитолиза). Анализ уровня активности ферментов показал наличие у свиноматок изменений, характерных для биохимических синдромов холестаза, цитолиза и печеночно-клеточной недостаточности. При этом биохимические признаки гепатодепрессии и холестаза присущи свиноматкам во все периоды супоросности, а цитолиза только на ранних ее стадиях (в 30 и 60 дней). У свиноматок с большим количеством опоросов в различные сроки супоросности нарастает выраженность признаков развития гепатодепрессии и холестаза со снижением выраженности признаков цитолиза в заключительный период супоросности.

Ключевые слова: супоросные свиноматки, гепатодистрофия, сывороточные биохимические синдромы, гепатодепрессия, цитолиз, холестаз

Для цитирования: Хлебус Н. К. Биохимическая диагностика гепатодистрофии свиноматок в период супоросности // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 83–95. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-83-95>.

Original article

Biochemical diagnostics of hepatodystrophy in sows during gestation

Natalia K. Khlebus

JV "PHARMLAND" LLC, Minsk, Republic of Belarus

natali_chleb@tut.by

Abstract. The article presents information on changes in the biochemical composition of blood in sows of different ages (previously unproduced – with one farrowing; with two or three

farrowings; with four or more farrowings) and different gestation periods (30; 60 and 90 days). The established changes in the biochemical composition of blood serum in pregnant sows characterized signs of biochemical syndrome of hepatocellular insufficiency, the development of intoxication, cytolysis and cholestasis. The development of biochemical syndrome of hepatic cell failure and intoxication was indicated by absolute hypoalbuminemia, decreased albumin-protein and increased creatinine concentration in the blood serum, respectively. The content of urea in the blood serum (decrease or being within the physiological fluctuations) also characterized the syndrome of hepatic cell failure. Changes in the indices of carbohydrate, lipid and pigment metabolism in sows of different ages and periods of gestation showed that with increasing age and period of gestation, dystrophic processes developed in the liver, characterized by a statistically significant decrease in the concentrations of total cholesterol and triglycerides. Also, with an increase in the number of farrowings and the period of gestation, the content of total bilirubin in the blood serum increased, which indicated the destruction or increase in the permeability of hepatocyte membranes (cytolysis syndrome). Analysis of the enzyme activity level showed the presence of changes in sows characteristic of biochemical syndromes of cholestasis, cytolysis and hepatocellular insufficiency. At the same time, biochemical signs of hepatodepression and cholestasis were characteristic of sows in all periods of gestation, and cytolysis only in its early stages (at 30 and 60 days). In sows with a large number of farrowings, the severity of signs indicating the development of hepatodepression and cholestasis increased at different stages of gestation with a decrease in the severity of cytolysis signs in the final period of gestation.

Keywords: pregnant sows, hepatodystrophy, serum biochemical syndromes, hepatodepression, cytolysis, cholestasis

For citation: Khlebus N. K. Biochemical diagnostics of hepatodystrophy in sows during gestation. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:83–95. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-2-83-95>.

Введение. Республика Беларусь – страна с развитой отраслью свиноводства. Существуют положительные предпосылки дальнейшего развития данной отрасли, чтобы приблизиться к передовым странам по уровню продуктивности свиней [1]. Однако серьезным препятствием для получения планируемых высоких результатов становятся болезни печени воспалительного и дистрофического характера (гепатопатии), имеющие широкое распространение среди свиней различных половозрастных и хозяйственных групп, содержащихся на промышленных комплексах [2].

Развитие гепатопатий приводит к снижению продуктивности свиней и недостаточной реализации животными своего генетического потенциала. Угнетение продуктивных качеств свиноматок, сопровождающееся увеличением в приплоде физиологически незрелых и мертворожденных поросят, снижением их живой массы, в дальнейшем становится причиной значительных потерь на участках дорастивания и откорма [3, 4].

Сложность ранней диагностики гепатопатий и своевременной организации эффективных лечебно-профилактических

мероприятий состоит в отсутствии выраженных клинических признаков болезней печени [5]. Поэтому в большинстве случаев выявление тех или иных болезней печени происходит посмертно.

Одновременно наиболее часто в печени фиксируются изменения дистрофического характера [6, 7]. Данные изменения могут соответствовать нозологической единице «гепатодистрофия» («гепатоз»). Для диагностики болезней печени успешно используются биохимические исследования крови, позволяющие выявлять развитие патологий на относительно ранних этапах. В клинической биохимии при диагностике болезней печени применяется объединение отдельных биохимических тестов в комплексы, обозначаемые как «сывороточные биохимические синдромы» или «печеночные сывороточно-биохимические синдромы» [8–10]. Изучение эффективности использования данных комплексов биохимических тестов в обнаружении патологий печени, в том числе и дистрофического характера (гепатодистрофий), у свиноматок поможет повысить и эффективность лечебно-профилактических мероприятий, и продуктивность соответствующей группы животных.

С учетом изложенного, **целью исследований** явилась биохимическая диагностика гепатодистрофии у свиноматок различных возрастов в разные периоды супоросности.

Материалы и методы исследований. Для реализации поставленной цели в условиях участка воспроизводства свиноводческого комплекса по принципу рандомизации (случайных чисел) было сформировано 9 групп свиноматок (табл. 1).

В ходе выполнения этапа проведено наблюдение за свиноматками всех групп. При этом осуществляли их клиническое исследование с использованием всех доступных методов клинической диагностики с обязательной термометрией. При выявлении определенных клинических признаков (в том числе и неспецифических для патологий печени) свиноматку оставляли в группе для дальнейших исследований.

В качестве контрольных были приняты показатели непоросившихся ремонтных свинок и свиноматок, опоросившихся в первый раз (проверяемые свиноматки) (первая, четвертая и седьмая группы). Основанием для использования данных показателей как контрольных послужили: 1) одинаковые условия кормления и содержания, что обуславливает воздействие одинаковых гепатотоксических факторов; 2) одинаковые сроки супоросности; 3) отсутствие воздействия гепатотоксических факторов в предыдущие периоды супоросности (лактация, послеотъемный период).

Утром до кормления у всех свиноматок из орбитального венозного синуса отбирали кровь с соблюдением правил асептики и антисептики в сухую чистую

пробирку. Из крови получали сыворотку общепринятым в клинической ветеринарной биохимии методом.

В сыворотке крови свиноматок определялся ряд биохимических показателей по методикам таблицы 2.

Также было рассчитано альбумин-протеиновое соотношение (АПС), которое представляет отношение концентраций альбумина и общего белка, выраженное в процентах.

Результаты исследований сравнивались с нормативными показателями, приведенными в Рекомендациях по клинико-биохимическому контролю состояния здоровья свиней [11] и Рекомендациях по биохимическому контролю состояния здоровья свиноматок [12]. Также проводилось сопоставление полученных результатов с показателями животных контрольных групп.

Основными при этом были статистические методы, с применением которых устанавливали наличие или отсутствие закономерностей между функциональным состоянием печени в различные периоды супоросности и возрастом свиноматок.

По итогам исследований было сделано заключение о возможности использования биохимической диагностики патологий печени как части комплексной диагностики в условиях промышленного свиноводства; распространения данных патологий и их взаимосвязи с физиологическим состоянием, возрастом свиноматок и воздействием на свиноматок комплекса техногенных стрессов.

Цифровой материал исследований обработан статистически с применением

Таблица 1 – Группы свиноматок, сформированные на первом этапе опыта

Table 1 – Group of sows formed during the stage of the experiment

Физиологический статус	Возраст свиноматок (количество опоросов)		
	0*–1	2–3	4 и более
Супоросные (30 дней супоросности)	25/1К (контрольная)	25/2	25/3
Супоросные (60 дней супоросности)	25/4К (контрольная)	25/5	25/6
Супоросные (90 дней супоросности)	25/7К (контрольная)	25/8	25/9
Примечания: в числителе показано количество животных в группе; в знаменателе – номер группы; * непоросившиеся ремонтные свинки.			

Таблица 2 – Методики биохимических исследований сыворотки крови свиноматок
Table 2 – Methods of biochemical analysis of the blood serum of sows

Показатели	Наименования методик (их авторов)
Белок общий (ОБ)	реакция с биуретовым реактивом
Альбумин	реакция с бромкрезоловым зеленым
Мочевина	ферментативно, уреазная реакция
Креатинин	с пикриновой кислотой, без депротеинизации (реакция Яффе)
Глюкоза	ферментативно, глюкозооксидазная реакция
Общий холестерол (ОХ)	ферментативно, холестеролоксидазная реакция
Триглицериды	ферментативно, глицеролфосфооксидазная реакция
Билирубин общий (ОБил)	реакция с диазореактивом (метод Йендрашика-Клеггорна-Грофа)
Холинэстераза (ХЭ)	по расщеплению бутирилтиохолинйодида
Аспаратаминотрансфераза (АсАТ)	по Райтману и Френкелю
Аланинаминотрансфераза (АлАТ)	по Райтману и Френкелю
Щелочная фосфатаза (ЩФ)	реакция с р-нитрофенилфосфатом
γ -глутамилтранспептидаза (ГГТП)	кинетически
Лактатдегидрогеназа (ЛДГ)	кинетически

табличного процессора Excel и программы Statistica 7.0. При статистической обработке рассчитаны среднее арифметическое (\bar{X}), стандартное отклонение (σ) и статистическая значимость отличий (p).

Расчет статистической значимости изменений проводился при помощи непараметрического критерия Манна-Уитни.

Результаты исследований. В проведенном исследовании были изучены биохимические показатели сыворотки крови, характеризующие белковый и азотистый обмен у свиноматок различных возрастов в первую треть супоросности.

Как следует из таблицы 3, у свиноматок с увеличением количества опоросов в 30-й день супоросности происходило статистически значимое снижение концентрации альбумина (на 48,4 % у свиноматок третьей группы) с развитием гипоальбуминемии. Это явление может быть обусловлено снижением его синтеза паренхимой печени вследствие роста токсических воздействий на орган в ходе предыдущих супоросностей. Помимо снижения абсолютной концентрации альбумина произошло снижение и АПС (рис. 1).

Установленное снижение было статистически значимым ($p < 0,05$) и у свино-

Таблица 3 – Показатели белкового и азотистого обмена в сыворотке крови у свиноматок (30 дней супоросности, $\bar{X} \pm \sigma$)

Table 3 – Indicators of protein and nitrogen metabolism in the blood serum of sows (30 days of gestation, $\bar{X} \pm \sigma$)

Группа свиноматок	Показатели			
	белок общий, г/л	альбумин, г/л	мочевина, ммоль/л	креатинин, мкмоль/л
Контрольная (первая)	72,78 \pm 8,623	37,62 \pm 3,255	4,25 \pm 2,294	76,53 \pm 16,033
Вторая	84,09 \pm 14,378**	36,03 \pm 5,164	3,75 \pm 1,455	80,24 \pm 13,130
Третья	69,11 \pm 2,956	25,35 \pm 4,711**	3,41 \pm 1,028	81,08 \pm 15,782
Нормативные значения	65–75	30–45	2,2–4,0	50–90

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ по отношению к показателям контрольной группы.

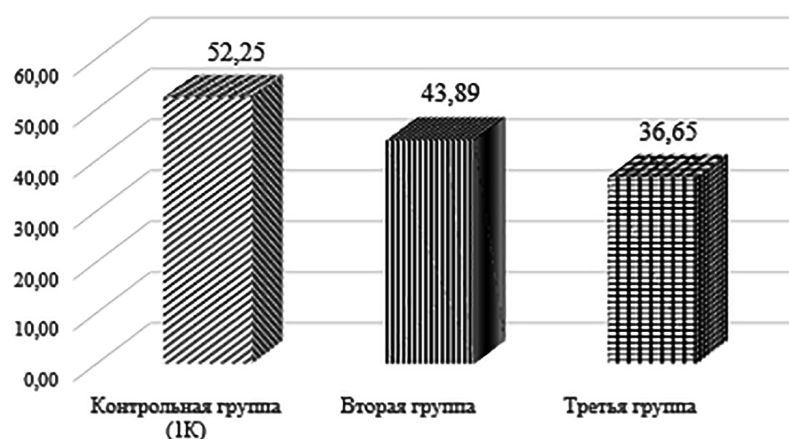


Рисунок 1 – АПС в сыворотке крови свиноматок (30 дней супоросности), %
Figure 1 – Albumin-to-protein ratio in the blood serum of sows (30 days of gestation), %

маток с двумя – тремя, а также у свиноматок с четырьмя и большим количеством опоросов. Если у непоросившихся свинок снижения значений АПС установлено не было, то у свиноматок, рожавших 2–3 раза, таких животных было уже 44 %, а у рожавших 4 и более раз – 72 %.

Совокупность данных изменений указывает на снижение в печени свиноматок в связи с увеличением количества опоросов синтетической функции и на развитие синдрома печеночно-клеточной недостаточности. Об этом свидетельствует развившаяся абсолютная гипоальбуминемия по причине снижения величины альбумин-протеинового соотношения.

Во многом сходные изменения содержания в сыворотке крови биохимических показателей, характеризующих белковый и азотистый обмены, у свиноматок различных возрастов были установлены и в 60 дней супоросности (табл. 4).

Таблица 4 – Показатели белкового и азотистого обменов в сыворотке крови у свиноматок (60 дней супоросности, $X \pm \sigma$)

Table 4 – Indicators of protein and nitrogen metabolism in the blood serum of sows (60 days of gestation, $X \pm \sigma$)

Группа свиноматок	Показатели			
	белок общий, г/л	альбумин, г/л	мочевина, ммоль/л	креатинин, мкмоль/л
Контрольная (четвертая)	73,77±8,945	36,33±5,297	4,40±1,865	83,44±16,185
Пятая	71,33±6,842	34,05±6,436	4,48±1,773	84,96±15,325
Шестая	70,64±3,046	27,25±5,243**	3,31±0,615**	93,22±9,449*
Нормативные значения	65–75	30–45	2,2–4,0	50–90
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ по отношению к показателям контрольной группы.				

С увеличением количества опоросов у данных свиноматок обнаружены достоверно значимые снижения концентрации альбумина. Его концентрация снижалась со статистически значимой разницей у свиноматок с четырьмя и большим количеством опоросов (на 33,3 %). Концентрация альбумина в сыворотке крови у последних оказалась ниже референтных значений. Аналогично с указанными изменениями в сыворотке крови снижалось и АПС (рис. 2).

Уровень АПС в сыворотке крови свиноматок шестой группы также статистически значимо снизился ($p < 0,01$) по сравнению с показателями свиноматок контрольной группы.

На развитие интоксикации в организме у свиноматок в 60 дней супоросности указывает возрастание концентрации компонента остаточного азота (креатинина) на 11,7 % ($p < 0,05$) в сыворотке крови сви-

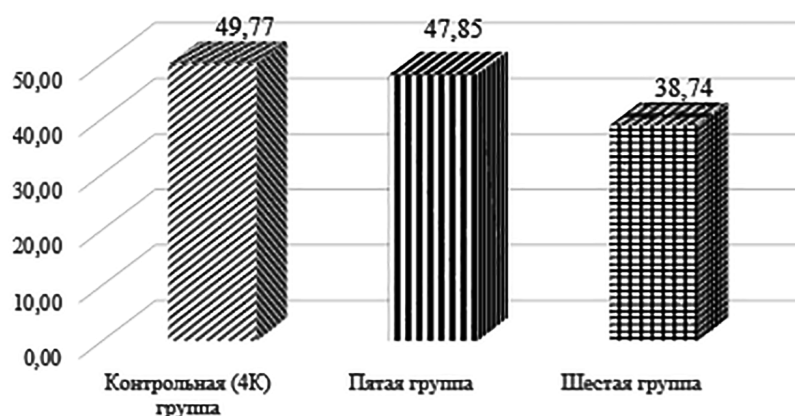


Рисунок 2 – АПС в сыворотке крови свиноматок (60 дней супоросности), %
Figure 2 – Albumin-to-protein ratio in the blood serum of sows (60 days of gestation), %

номаток с четырьмя и большим количеством опоросов. При этом снижение концентрации мочевины в сыворотке крови данных свиноматок также оказалось статистически значимым (на 32,9 %). Содержание креатинина превышало верхнюю границу референтных значений. Отмеченное изменение содержания мочевины в сыворотке крови может сигнализировать о неспособности печени к утилизации образующегося аммиака. Сохранение данной способности обусловило бы синергичное возрастание концентраций и креатинина, и мочевины. Поэтому совместно с гипоальбуминемией установленные изменения содержания мочевины и креатинина в сыворотке крови характеризуют синдром печеночно-клеточной недостаточности у свиноматок.

Изменения белкового и азотистого обмена, детектирующие нарушения синтетических процессов в печени, были

установлены и у глубоко супоросных свиноматок. Число животных с изменениями, характерными для синдрома печеночно-клеточной недостаточности, возросло среди свиноматок всех возрастов (табл. 5).

Изменение содержания альбумина в сыворотке крови свиноматок в 90 дней супоросности в целом аналогично изменениям, выявленным в предыдущие периоды исследований. При этом установлено его статистически значимое снижение с увеличением количества опоросов: на 20,9 % (в сыворотке крови свиноматок восьмой группы) и на 24,0 % (в сыворотке крови свиноматок девятой группы).

У свиноматок восьмой группы концентрация альбумина в сыворотке крови оказалась несколько ниже референтных значений. Более выраженная гипоальбуминемия наблюдалась у животных, поросившихся четыре и более раз.

Таблица 5 – Показатели белкового и азотистого обменов в сыворотке крови у свиноматок (90 дней супоросности, $X \pm \sigma$)

Table 5 – Indicators of protein and nitrogen metabolism in the blood serum of sows (90 days of gestation, $X \pm \sigma$)

Группа свиноматок	Показатели			
	белок общий, г/л	альбумин, г/л	мочевина, ммоль/л	креатинин, мкмоль/л
Контрольная (седьмая)	74,43±9,916	35,91±5,632	3,08±0,499	71,85±11,534
Восьмая	80,40±8,576**	29,72±4,655**	2,50±0,723**	91,76±15,200**
Девятая	76,36±6,547	28,97±5,640**	2,79±0,670	103,45±29,819**
Нормативные значения	65–75	30–45	2,2–4,0	50–90

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ по отношению к показателям контрольной группы.

С увеличением количества опоросов в сыворотке крови свиноматок снижалась также величина АПС как у свиноматок с двумя – тремя опоросами, так и у свиноматок с четырьмя и большим количеством опоросов ($p < 0,01$ в обоих случаях) (рис. 3). Выявленные изменения содержания в крови глубокосупоросных свиноматок альбумина и его содержания относительно общего белка свидетельствуют о сывороточном биохимическом синдроме гепатодепрессии.

Данный синдром характеризуют и снижение концентрации мочевины в сыворотке крови (на 23,2 % у свиноматок восьмой (статистически значимое) и на 10,4 % у свиноматок девятой группы) на фоне роста концентрации креатинина (на 27,7 и 44,0 % в сыворотке крови свиноматок восьмой и девятой групп соответственно; в обеих случаях статистически значимые) по сравнению с показателями контрольной группы. У свиноматок и восьмой, и девятой группы была установлена гиперкреатининемия, причем более выраженная у животных именно девятой группы. Данные изменения характерны для дистрофических болезней печени, сопровождающихся снижением ее синтетической функции, а также для нарастания уровня интоксикации в организме свиноматок.

Нарушения функциональной активности печени приводят к изменению протекания всех метаболических процессов в организме. Поэтому диагностика болезней печени подразумевает изучение ряда

показателей углеводного, липидного и пигментного обменов (табл. 6).

Изученные показатели крови, свидетельствующие о цитолитическом и гепатодепрессивном синдромах, в 30 дней супоросности между группами свиноматок статистической значимости не имели. Исключение составила концентрация глюкозы в сыворотке крови свиноматок 3-й группы (снижение на 8,8 %). Установленная концентрация глюкозы соответствовала гипогликемии.

Однако в сыворотке крови свиноматок, по мере увеличения сроков супоросности, в печени происходили изменения, которые способствовали развитию гепатодепрессии и цитолитического синдрома. В целом произошло статистически незначимое снижение концентрации общего холестерина (на 16,5 %) в сыворотке крови у свиноматок шестой группы в сравнении с показателями свиноматок контрольной группы, что характеризует развитие у данных животных некоторого угнетения синтетической функции печени. С высокой долей значимости в сыворотке крови свиноматок пятой и шестой групп возросла концентрация общего билирубина (на 45,8 и 65,2 % соответственно), что свидетельствует о развитии цитолитических изменений в печени у данных животных и гипербилирубинемии.

Также статистически значимым оказалось снижение концентрации глюкозы в сыворотке крови свиноматок шестой группы (на 10,1 %). Концентрация глюкозы



Рисунок 3 – АПС в сыворотке крови свиноматок (90 дней супоросности), %
Figure 3 – Albumin-to-protein ratio in the blood serum of sows (90 days of gestation), %

Таблица 6 – Показатели углеводного, липидного и пигментного обмена в сыворотке крови свиноматок, $\bar{X} \pm \sigma$ **Table 6 – Indicators of carbohydrate, lipid and pigment metabolism in the blood serum of sows, $\bar{X} \pm \sigma$**

Группа свиноматок	Показатели			
	глюкоза, ммоль/л	общий холестерол, ммоль/л	триглицериды, ммоль/л	общий билирубин, мкмоль/л
<i>30 дней супоросности</i>				
Контрольная (первая)	4,47±0,780	2,29±0,626	0,77±0,141	8,84±2,605
Вторая	4,56±0,482	2,18±0,760	0,75±0,202	8,62±4,665
Третья	4,11±0,749*	2,17±0,774	0,75±0,190	8,18±2,603
<i>60 дней супоросности</i>				
Контрольная (четвертая)	4,56±0,865	2,40±0,700	0,72±0,157	9,14±2,405
Пятая	4,42±0,427	2,21±0,886	0,67±0,210	13,33±6,383*
Шестая	4,14±0,657**	2,06±0,702	0,67±0,231	15,10±4,611**
<i>90 дней супоросности</i>				
Контрольная (седьмая)	4,26±0,813	2,30±0,530	0,70±0,245	16,18±12,731
Восьмая	4,22±0,585	1,97±0,323*	0,65±0,384	11,38±2,738
Девятая	4,12±0,384	2,16±0,388	0,55±0,292*	18,27±4,631**
Нормативные значения	4,2–5,2	1,8–3,4	0,5–1,0	5–12
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ по отношению к показателям контрольной группы.				

при этом была ниже предела референтных величин, что указывает на гипогликемию.

Увеличение массы плодов, высокая напряженность обменных процессов в печени, возрастание интенсивности техногенных стрессов, связанных с проведением вакцинаций, возрастанием требований животных к качеству кормов и условиям содержания, сказываются на функциональном состоянии печени, что вызывает развитие морфологических изменений, при которых нарушается как целостность клеточных мембран гепатоцитов, так и синтетическая активность паренхимы печени. В 90 дней супоросности было установлено дальнейшее развитие выявленных ранее нарушений (табл. 6).

По сравнению с контрольной группой концентрация общего холестерина с увеличением возраста свиноматок снижалась. Однако данное снижение статистически значимым (по сравнению с показателями контрольной группы) было только у свиноматок восьмой группы (на 16,8 %). При этом у свиноматок девятой группы (с четырьмя и более опоросами) происхо-

дило статистически значимое снижение концентрации в сыворотке крови триглицеридов (на 27,3 %). Данная тенденция обуславливается снижением синтеза в печени белковой составляющей липопротеидов низкой и очень низкой плотности, задержкой триглицеридов в печени и развитием жировой дистрофии органа.

Следует отметить также высокие значения концентрации общего билирубина в сыворотке крови свиноматок контрольной группы. При этом у свиноматок, рожавших четыре и более раз, возрастание концентрации общего билирубина в сыворотке крови (на 12,9 %) оказалось статистически значимым и привело к развитию гипербилирубинемии, что характеризует активизацию процессов цитолиза в клетках печени.

Цитолитические изменения в гепатоцитах вызывают дальнейшее снижение их функциональной активности и нарушение всех обменных процессов в организме, что в конечном итоге сопровождается нарушением воспроизводительных функций свиноматок и невозможностью реа-

лизации ими своего генетического потенциала. Повышенная выбраковка молодых свиноматок обуславливает нарушения ремонта стада и «старение» поголовья.

Скорость протекания метаболических процессов в организме находится под контролем многочисленных ферментов и ферментных систем. Изменения активности ферментов позволяют судить о состоянии обмена веществ и функциональной активности различных внутренних органов, в том числе и печени (табл. 7).

Изучение активности ряда ферментов в сыворотке крови показало развитие в печени свиноматок уже в 30 дней супоросности цитолитических изменений и угнетения синтетических процессов. В целом по совокупности свиноматок происходило статистически значимое увеличение активности ферментов, характеризующих цитолитические изменения в печени (АсАТ, АлАТ и ЛДГ), развитие холестаза (ЩФ и ГГТП) с одновременным снижением активности фермента, свидетельствующего о развитии гепатодепрессивного сывороточного синдрома (ХЭ). Для ХЭ статистически значимое снижение было установлено только в сыворотке крови свиноматок старших возрастов.

У свиноматок второй и третьей группы в печени развивался цитолиз гепатоцитов и выход за их пределы как трансаминаз, так и ЛДГ. Активность ХЭ, вызывающей синтетические процессы в печени, в сыворотке крови животных третьей группы оказалась ниже референтных величин и статистически значимо ниже, чем в крови свиноматок контрольной группы (на 57,3 %). Данные изменения свидетельствуют о развитии у свиноматок с большим количеством опоросов даже на ранних стадиях супоросности синдрома печеночно-клеточной недостаточности.

Значительные повышения в сыворотке крови активностей ЩФ и ГГТП (по сравнению с результатами, полученными у свиноматок контрольной группы) у свиноматок второй и третьей групп подтверждают развитие у данных животных синдрома холестаза. Этот синдром отличается снижением оттока от печени желчи и ведет к недостаточному ее выходу в двенадцатиперстную кишку, вследствие чего возможен низкий уровень усвоения организмом свиноматок жиров и жирор-

растворимых витаминов. Результатом подобных нарушений становится угнетение роста и развития плодов, обновление и формирование нового эпителия, костяка, к тому же активизируются процессы перекисного окисления липидов. Полученные данные указывают на активность АсАТ, АлАТ, ЛДГ, ЩФ и ГГТП в сыворотке крови свиноматок второй и третьей групп, отражающую гиперферментемию, которая была установлена для активности ХЭ в сыворотке крови свиноматок с четырьмя и большим количеством опоросов.

В 60 дней супоросности изменения активности ферментов в сыворотке крови свиноматок различных возрастов во многом были сходны с данными, полученными в начале супоросности, и характеризовали синдромы цитолиза, холестаза и печеночно-клеточной недостаточности. У данных свиноматок также в сыворотке крови были обнаружены изменения, связанные с развитием цитолитического, гепатодепрессивного и холестатического сывороточных биохимических синдромов: статистически значимое возрастание активностей АлАТ, ЛДГ, ГГТП, ЩФ и такое же статистически значимое снижение активности ХЭ (у свиноматок с четырьмя и большим количеством опоросов) в сравнении с показателями свиноматок контрольной группы.

Следует отметить, что у свиноматок пятой и шестой групп ферментный профиль крови характеризовал цитолитические изменения в паренхиме печени повышением активностей АсАТ, АлАТ и ЛДГ. У значительного количества свиноматок данных групп в сыворотке крови оказались повышены активности ферментов ЩФ и ГГТП. Повышение активности ЩФ может быть обусловлено также активностью плацентарной ЩФ, однако одновременное повышение активности ГГТП и отсутствие синергичного роста активности фермента в сыворотке крови свиноматок контрольной группы позволяет сделать заключение о развитии холестатических изменений в печени свиноматок.

Как и у свиноматок в 30 дней супоросности, активность АсАТ, АлАТ, ЛДГ, ЩФ и ГГТП в сыворотке крови свиноматок с двумя – тремя, четырьмя и большим количеством опоросов свидетельствовала о гиперферментемии. Гипоферментемия

Таблица 7 – Активность ферментов в сыворотке крови свиноматок, $X \pm \sigma$
Table 7 – Enzyme activity in the blood serum of sows, $X \pm \sigma$

Группа свиноматок	Показатели					
	АсАТ, МЕ/л	АлАТ, МЕ/л	ДЩ, МЕ/л	ЩФ, МЕ/л	ГГТЩ, МЕ/л	ХЭ, МЕ/л
30 дней супоросности						
Контрольная (первая)	33,46±8,133	39,10±15,081	432,24±91,106	64,72±13,282	46,69±12,992	482,34±65,852
Вторая	77,51±55,203**	62,79±33,055**	575,07±193,287**	135,13±72,359**	73,28±41,132**	465,64±91,842
Третья	63,83±15,449**	70,71±17,749**	796,94±160,805**	157,65±71,615**	217,80±62,561**	306,60±100,492**
60 дней супоросности						
Контрольная (четвертая)	34,71±7,605	42,09±19,754	441,14±114,505	60,08±11,946	50,74±16,494	490,12±54,404
Пятая	99,39±66,530**	79,34±40,564**	642,01±250,990**	140,18±74,539**	130,15±89,875**	450,93±88,695
Шестая	66,24±14,277**	79,60±15,926**	873,12±177,662**	169,65±76,687**	219,49±68,975**	288,07±116,490**
90 дней супоросности						
Контрольная (седьмая)	37,71±6,689	57,48±44,996	525,50±188,015	64,14±12,912	83,46±51,881	478,71±97,338
Восьмая	48,32±7,426**	47,03±10,403	530,56±97,715	78,92±18,355**	129,22±59,772**	454,72±142,760
Девятая	41,34±8,492	56,61±26,144	542,69±86,340*	93,39±21,723**	131,65±46,825**	424,16±128,448*
Нормативные значения	24–42	24–48	300–540	42–84	24–66	360–600

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ по отношению к показателям контрольной группы.

же, установленная для активности ХЭ, характеризующая печеночно-клеточную недостаточность, оказалась наиболее выражена в сыворотке крови свиноматок с четырьмя и большим количеством опоросов – на 70,1 % ниже по сравнению с показателями свиноматок контрольной группы ($p < 0,01$).

С увеличением сроков супоросности, усилением технологических стрессов, ростом токсической нагрузки на организм свиноматок холестатические и дегенеративные изменения в печени получили дальнейшее развитие. У супоросных свиноматок (90 дней супоросности) наиболее значимые изменения ферментативной активности были присущи сывороточным синдромам холестаза (возрастание активности ГГТП и ЩФ) и гепатодепрессивному (снижение активности ХЭ), которые были выявлены в группе животных, поросившихся четыре и более раз.

Уровень активности ферментов, характеризующих цитолиз, статистически значимой разницы у животных восьмой и девятой групп по сравнению с контрольной не имел. Возможно, данная тенденция обусловлена переходом процесса в хроническое течение и снижением образования данных ферментов в печени свиноматок. В то же время гиперферментемия была установлена для АсАТ в сыворотке крови свиноматок восьмой группы, для АлАТ – в сыворотке крови свиноматок девятой группы и для ЛДГ – в сыворотке крови свиноматок девятой группы.

Увеличение активности ферментов (ЩФ и ГГТП), характеризующее холестатический сывороточный биохимический синдром, не было настолько выраженным, как в предыдущий период исследований (60 дней супоросности). Тем не менее разница по сравнению с показателями контрольной группы животных оказалась статистически значимой. Активность ЩФ в сыворотке крови свиноматок восьмой и девятой групп возросла соответственно на 23,0 и 45,6 %, а ГГТП – на 54,8 и 57,7 %. Активность ЩФ в сыворотке крови свиноматок восьмой группы, ЩФ и ГГТП в сыворотке крови свиноматок девятой группы превысила верхнюю границу референтных значений.

В сыворотке крови животных девятой группы установлено статистически значимое снижение активности ХЭ (на 12,9 %) по сравнению с данными кон-

трольной группы свиноматок. При этом активность фермента в среднем по выборке находилась в пределах референтных величин. Эти изменения говорят о некоторых нарушениях синтетической функции печени у глубокосупоросных свиноматок с большим количеством опоросов.

Закключение. 1. Изменения белкового и азотистого обменов у свиноматок характеризуют признаки биохимического синдрома печеночно-клеточной недостаточности (развитие абсолютной гипоальбуминемии и снижение АПС) и развития интоксикации (повышение в сыворотке крови креатинина), которые нарастали с увеличением сроков супоросности и возраста свиноматок. Изменение концентрации мочевины в сыворотке крови (снижение либо нахождение в пределах физиологических колебаний) также свидетельствовало о синдроме печеночно-клеточной недостаточности.

2. Изменения показателей углеводного, липидного и пигментного обменов у свиноматок различных возрастов и периодов супоросности показывают, что с увеличением возраста и периода супоросности в печени развиваются дистрофические процессы, характеризующиеся статистически значимым снижением концентраций общего холестерина и триглицеридов. При этом в сыворотке крови нарастает содержание общего билирубина, что указывает на разрушение или повышение проницаемости мембран гепатоцитов (синдром цитолиза).

3. Исследование изменений активности ферментов выявило наличие у свиней показателей, характерных для биохимических синдромов холестаза, цитолиза и печеночно-клеточной недостаточности. При этом биохимические признаки гепатодепрессии и холестаза присущи свиноматкам во все периоды супоросности, а цитолиза – на ранних ее стадиях (в 30 и 60 дней). У свиноматок с большим количеством опоросов в различные сроки супоросности нарастает выраженность признаков, указывающих на развитие гепатодепрессии и холестаза со снижением выраженности признаков цитолиза в заключительный период супоросности.

4. Установленные изменения (цитолиз, гепатодепрессия, холестаз) подтверждают развитие у свиноматок гепатодистрофии, вероятно токсического происхождения.

Список источников

1. Шейко И. П. Новые пути и методы развития свиноводства в Беларуси // *Vestí Natsyonal'най akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk*. 2020. Т. 58. № 1. С. 68–78. doi: 10.29235/1817-7204-2020-58-1-68-78.
2. Курдеко А. П., Хлебус Н. К., Петровский С. В. Изменение показателей продуктивности свиноматок при применении комплексного гепатопротекторного препарата // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2022. № 8. С. 136–141. doi: 10.36718/1819-4036-2022-8-136-141. EDN KRHGIR.
3. Курдеко А. П., Хлебус Н. К., Большакова Е. И. Состояние приплода, рост и развитие поросят при гепатопатиях свиноматок // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022. № 2. С. 54–60. doi: 10.55471/19973225_2022_7_2_54. EDN QLGBIA.
4. Pyatrovskiy S.V., Balshakova A.I., Zhukov A.I. Gepatopatii svinomatok: makro- i mikroskopicheskiye izmeneniya pecheni i nekotoryye pokazateli produktivnosti // *Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак Почета государственная академия ветеринарной медицины*. 2023. Т. 59. Вып. 4. С. 35–42. doi: 10.52368/2078-0109-2023-59-4-35-42. EDN WBKZRH. (in Belarusian)
5. Хлебус Н. К. *Klinicheskoye sostoyaniye svinomatok pri zabolevaniyakh pecheni* // *Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. Гродно : Гродненский государственный аграрный университет*, 2016. Т. 33. С. 120–126. (in Belarusian)
6. Кудряшов А. А., Балабанова В. И., Максимов Т. П., Пинжина Н. М. Патоморфологические изменения у свиней при фумонизиновом токсикозе // *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2022. № 2 (54). С. 59–63. doi: 10.24412/2074-5036-2022-2-59-63. EDN ORFEUG.
7. Pyatrovskiy S. V., Zhukov A. I. Gepatopatii svinomatok: svedeniya o rasprostraneniі po dannym patologoanatomicheskogo issledovaniya // *Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. Гродно : Гродненский государственный аграрный университет*, 2023. Т. 60. С. 117–125.
8. Леушина Е. А., Дудин В. В., Мельков Е. М. Синдромы холестазы и цитолиза в практике врача-терапевта // *Международный журнал гуманитарных и строительных наук*. 2024. № 5–5 (92). С. 22–26. doi: 10.24412/2500-1000-2024-5-5-22-2613.05.2025.
9. Емельянов В. В. Гепатит у поросят (этиология, патогенез, диагностика и лечение при токсической форме) : автореф. дис. ... канд. ветеринар. наук. Витебск, 2003. 20 с.
10. Жесткова Н. В., Айламазян Э. К., Кузьминых Т. У. Особенности функции печени при преэклампсии // *Журнал акушерства и женских болезней*. 2023. Т. 72. № 4. С. 59–69.
11. Курдеко А. П., Мацинович А. А., Емельянов В. В., Севрюк И. З., Демидович А. П., Кирпиченко С. В. Рекомендации по клинико-биохимическому контролю состояния здоровья свиней. Витебск : Витебская государственная академия ветеринарной медицины, 2003. 56 с.
12. Курдеко А. П., Хлебус Н. К., Петровский С. В., Дубина И. Н., Демидович А. П., Мацинович А. А. Биохимический контроль состояния здоровья свиней : рекомендации. Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. 47 с.

References

1. Sheyko I. P. New ways and methods of developing pig farming in Belarus. *Izvestiya Natsional'noi akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk*, 2020;58;1:68–78. doi: 10.29235/1817-7204-2020-58-1-68-78 (in Russ.).
2. Kurdeko A. P., Khlebus N. K., Petrovsky S. V. Changes in sow productivity indicators when using a complex hepatoprotective drug. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022;8:136–141. doi: 10.36718/1819-4036-2022-8-136-141. EDN KRHGIR (in Russ.).
3. Kurdeko A. P., Khlebus N. K., Bolshakova E. I. The condition of the offspring, growth and development of piglets with hepatopathies of sows. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi*

sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2022;2:54–60. doi: 10.55471/19973225_2022_7_2_54. EDN QLGBIA (in Russ).

4. Piatrouski S. U., Balshakova A. I., Zhukau A. I. Hepatopathy of sows: macro- and microscopic changes in the liver and some demonstrative production. *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znak Pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny*, 2023;59;4:35–42 doi: 10.52368/2078-0109-2023-59-4-35-42. EDN WBKZRH (in Belarus.).

5. Khlebus N. K. Clinical status of sows with liver diseases. Proceedings from *Sel'skoe khozyaistvo – problemy i perspektivy*. (PP. 120–126), Grodno, Grodnenskiy gosudarstvennyi agrarniy universitet, 2016;33 (in Belarus.).

6. Kudryashov A. A., Balabanova V. I., Maksimov T. P., Pinzhina N. M. Pathomorphological changes in pigs with fumonisin toxicosis. *Aktual'nye voprosy veterinarnoi biologii*, 2022;2(54): 59–63. doi: 10.24412/2074-5036-2022-2-59-63. EDN ORFEUG (in Russ.).

7. Piatrouski S. U., Zhukau A. I. Hepatopathy in sows: prevalence data from postmortem examination. Proceedings from *Sel'skoe khozyaistvo – problemy i perspektivy*. (PP. 117–125), Grodno, Grodnenskiy gosudarstvennyi agrarniy universitet, 2023;60 (in Belarus.).

8. Leushina E. A., Dudin V. V., Melkov E. M. Cholestasis and cytolysis syndromes in the practice of a general practitioner. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i stroitel'nykh nauk*, 2024;5–5(92):22–26. doi: 10.24412/2500-1000-2024-5-5-22-2613.05.2025 (in Russ.).

9. Emelyanov V. V. Hepatitis in piglets (etiology, pathogenesis, diagnostics and treatment of toxic form). *Extended abstract of candidate's thesis*. Vitebsk, 2003, 20 p. (in Russ.).

10. Zhestkova N. V., Aylamazyan E. K., Kuzminykh T. U., Marchenko N. V. Features of liver function in preeclampsia. *Zhurnal akusherstva i zhenskikh boleznei*, 2023;72;4:59–69. doi: 10.17816/JOWD409413. EDN BMURJD (in Russ.).

11. Kurdeko A. P., Matsinovich A. A., Emelyanov V. V., Sevryuk I. Z., Demidovich A. P., Kirpichenko S. V. *Recommendations for clinical and biochemical monitoring of the health status of pigs*, Vitebsk, Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny, 2003, 56 p. (in Russ.).

12. Kurdeko A. P., Khlebus N. K., Petrovsky S. V., Dubina I. N., Demidovich A. P., Matsinovich A. A. *Biochemical monitoring of the health status of pigs: recommendations*, Gorki, Belorusskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2013, 47 p. (in Russ.).

© Хлебус Н. К., 2025

Статья поступила в редакцию 10.05.2025; одобрена после рецензирования 06.06.2025; принята к публикации 09.06.2025.

The article was submitted 10.05.2025; approved after reviewing 06.06.2025; accepted for publication 09.06.2025.

Информация об авторе

Хлебус Наталья Константиновна, магистр ветеринарных наук, заведующий научно-фармацевтической лабораторией № 3, СП ООО «ФАРМЛЭНД»,
natali_chleb@tut.by

Information about the author

Natalia K. Khlebus, Master of Veterinary Sciences, Head of Scientific and Pharmaceutical Laboratory No. 3, JV "PHARMLAND" LLC, natali_chleb@tut.by

Научная статья

УДК 636.034

EDN RCXXAW

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-96-104>

**Молочная продуктивность и репродуктивность первотелок
голштинской породы воронежской и амурской селекций в сравнительном аспекте**

**Роини Леванович Шарвадзе¹, Сергей Александрович Согорин²,
Елена Михайловна Гайдукова³, Александра Владимировна Жилина⁴,
Сергей Гуламжанович Камышенцев⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ roiny64@mail.ru, ³ gajdukovaelena83@mail.ru, ⁵ sergeykamysh@yandex.ru

Аннотация. Одной из возможностей увеличения поголовья высокопродуктивного дойного стада является закупка нетелей с высоким генетическим потенциалом из западных регионов нашей страны. В работе приведены результаты исследований целесообразности завоза нетелей голштинской породы воронежской селекции для дальнейшего разведения в условиях Амурской области. Дан сравнительный анализ продуктивных и репродуктивных качеств первотелок относительно аналогов этой же породы амурской селекции. Установлено, что закупка нетелей голштинской породы воронежской селекции оправдана, их адаптационный процесс проходит благополучно.

Ключевые слова: нетель, первотелка, приплод, лактация, адаптация, продуктивность, репродуктивность

Для цитирования: Шарвадзе Р. Л., Согорин С. А., Гайдукова Е. М., Жилина А. В., Камышенцев С. Г. Молочная продуктивность и репродуктивность первотелок голштинской породы воронежской и амурской селекций в сравнительном аспекте // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 96–104. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-96-104>.

Original article

**Milk productivity and reproductive performance of first-calf
Holstein heifers of Voronezh and Amur breeds: a comparative aspect**

**Roini L. Sharvadze¹, Sergey A. Sogorin², Elena M. Gaidukova³,
Alexandra V. Zhilina⁴, Sergey G. Kamyshentsev⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ roiny64@mail.ru, ³ gajdukovaelena83@mail.ru, ⁵ sergeykamysh@yandex.ru

Abstract. One of the opportunities to increase the herd of high-yielding dairy cattle is the purchase of heifers with high genetic potential from western regions of our country. The study presents the results of an investigation into the feasibility of importing Holstein heifers of Voronezh selection for further breeding under the conditions of the Amur region. A comparative analysis of the productive and reproductive qualities of first-calf heifers relative to their counterparts of the same breed of Amur selection is given. It has been established that the purchasing Holstein heifers of Voronezh selection is justified, and the adaptation process proceeds successfully.

Keywords: heifer, first-calf heifer, offspring, lactation, adaptation, productivity, reproductive capacity

For citation: Sharvadze R. L., Sogorin S. A., Gaidukova E. M., Zhilina A. V., Kamyshentsev S. G. Milk productivity and reproductive performance of first-calf Holstein heifers of Voronezh and Amur breeds: a comparative aspect. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:96–104. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-2-96-104>.

Введение. В рамках национального проекта «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности» и Стратегии социально-экономического развития Амурской области на период до 2035 г. для решения поставленных задач развития агропромышленного производства необходимо увеличить поголовье высокопродуктивных коров [1, 2].

Достижение этой цели возможно двумя способами: ведением расширенного воспроизводства уже существующих высокопродуктивных стад в масштабе региона и закупкой нетелей с высоким генетическим потенциалом из западных регионов нашей страны. И в первом, и во втором случае практикующие зоотехники сталкиваются с серьезными проблемами. В условиях интенсификации животноводства достигнута высокая продуктивность коров (8–9 тыс. кг молока за лактацию), но организм не выдерживает более 2–3 лактаций, снижаются воспроизводительные и репродуктивные способности первотелок, их приходится выбраковывать. При этом наблюдается критическая нехватка ремонтного поголовья для расширенного воспроизводства [3–6].

Возможно закупать нетелей из других регионов, но в этом случае на первый план выходят вопросы, связанные с акклиматизацией и адаптацией поступившего поголовья [7–13]. В этой связи изучение вопросов продуктивности и репродуктивности первотелок разной селекции в сравнительном аспекте выглядит актуальным и своевременным.

Целью исследований выступало обоснование целесообразности завоза нетелей голиштинской породы воронежской селекции для дальнейшего разведения в условиях Амурской области на основе проведения сравнительного анализа продуктивных и репродуктивных качеств первотелок в сравнении с аналогами этой же породы амурской селекции.

Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи:

- 1) сформировать две группы аналогов из подопытных животных разной селекции;
- 2) провести учет приплода и анализ роста телят до 4-х месячного возраста;

- 3) провести анализ молочной продуктивности первотелок за 120 дней лактации;

- 4) рассчитать и сравнить затраты корма на 1 кг молока за период опыта;

- 5) оценить репродуктивные показатели подопытных первотелок.

Материал и методы исследований.

Для выполнения запланированной работы в условиях фермерского хозяйства Колобова А. Г. с октября 2024 г. по май 2025 г. были проведены исследования.

При этом для формирования опытных групп изучены племенные свидетельства и вся сопроводительная документация завезенного скота воронежской селекции, а также материалы по учету осеменения и проведения контроля стельности нетелей. По результатам проведенной работы с документами и визуального осмотра потенциальных подопытных животных в количестве более 80 голов были укомплектованы две опытные группы по 10 голов в каждой: контрольная (амурская селекция); опытная (воронежская селекция). После отела первотелок определили и проанализировали возраст их первого оплодотворения и отела, установили средние показатели по группам.

Путем взвешивания телят при рождении и на конец молочного периода провели анализ изменения живой массы телят, родившихся от первотелок из подопытных групп. Параллельно проводился анализ изменения живой массы у самих первотелок.

Методом контрольных доек изучали молочную продуктивность и качество молока по группам.

Для изучения репродуктивной активности первотелок с помощью ультразвуковой диагностики устанавливали стельность первотелок и определяли продолжительность сервис-периода в сравнительном аспекте.

Материалы исследований были обработаны методом вариационной статистики [14, 15].

С использованием табличного процессора Microsoft Excel устанавливали значимость полученных результатов с применением *t*-критерия Стьюдента.

Результаты исследований. В период проведения массовых отелов, фиксируя даты отелов, мы подобрали две группы первотелок по 10 голов, отелившихся в течение одного месяца (с 30.09.2024 г. по 28.10.2024 г.).

Анализируя полученные данные, нами установлено, что средний возраст оплодотворения нетелей из опытной группы составил $380,9 \pm 18,48$ дней, а из контрольной группы – $569,0 \pm 92,6$ дней. Соответственно возраст при первом отеле у завезенного скота оказался равным $646,7 \pm 16,69$ дней против $823,6 \pm 93,26$ дней у первотелок местной селекции (табл. 1).

Таким образом, нами сделан вывод, что привезенный скот воронежской селекции оказался более скороспелым и первый отел от них получили в среднем в возрасте 646,7 дней, что на 176,9 дней раньше, чем от первотелок амурской селекции.

Таблица 1 – Анализ возраста оплодотворения и отела подопытных первотелок голштинской породы

Table 1 – Analysis of the age of fertilization and calving of experimental first-calf Holstein heifers

В днях (in days)			
Группы	Возраст оплодотворения	Возраст отела	Продолжительность стельности
Контрольная	$569,0 \pm 92,6$	$823,6 \pm 93,26$	$254,8 \pm 55,8$
Опытная	$380,9 \pm 18,48^*$	$646,7 \pm 16,69^*$	$266,3 \pm 5,34$
Разность между опытной группой и контрольной группой	$-188,1$	$-176,9$	$11,5$
* $P \leq 0,05$.			

Таблица 2 – Анализ живой массы телят, полученных от подопытных первотелок

Table 2 – Analysis of live weight of calves obtained from experimental first-calf heifers

Показатели	Группы		
	контрольная	опытная	опытная в процентах к контрольной
Живая масса при рождении, кг	$33,66 \pm 2,26$	$39,54 \pm 2,47^*$	$117,47$
Живая масса в конце опыта, кг	$120,21 \pm 2,49$	$125,60 \pm 3,48$	$104,48$
Абсолютный прирост, кг	$86,51 \pm 1,06$	$86,10 \pm 17,14$	$99,52$
Среднесуточный прирост, г	$720,90 \pm 26,47$	$717,50 \pm 41,67$	$99,53$
Относительный прирост, %	$257,13 \pm 44,30$	$217,65 \pm 40,63$	$84,65$
* $P \leq 0,05$.			

составляет всего 4,48 %. По таким показателям, как абсолютный, среднесуточный и относительный прирост, значения в контрольной группе были выше, чем в опытной. Это означает, что интенсивность роста у телят от первотелок местной селекции оказалась выше, чем у телят из опытной группы.

По результатам контрольных доек нами рассчитаны итоговые показатели молочной продуктивности за 120 дней (табл. 3). В этот период раздой первотелок закончен, молочный период роста телят завершен и они переведены на основной рацион, первотелки осеменены.

За 120 дней на одну голову надой в опытной группе составил 3 449 кг молока, что на 8,8 % больше, чем в контрольной группе. Натуральная жирность молока составила 3,71 и 3,64 % соответственно. При пересчете на 4-процентное молоко на одну голову в опытной группе было получено на 10,9 % больше молока, чем в контрольной группе.

Количество молочного жира выступает суммарным показателем жирно-молочности коров и имеет важное значение при производственной оценке молочного стада. В контрольной группе от одной коровы было получено 115,3 кг молочного жира, в опытной группе – 127,9 кг. В целом по данным таблицы 3 видно, что по большинству приведенных показателей опыт-

ная группа превосходит контрольную, то есть животные воронежской селекции в период раздоя продемонстрировали более высокие результаты, чем животные местной селекции.

На это указывает и анализ хода лактации в виде графика, построенного по результатам контрольных доек (рис. 1). По полученным данным в контрольной группе продуктивность увеличивается до 4-го месяца и достигает своего максимума 28,75 кг в сутки, а в опытной группе максимальная продуктивность достигается на 90-й день лактации, а через месяц наметилось снижение этого показателя. Относительно жирности молока достоверной разницы между группами нами не установлено.

На уровень молочной продуктивности коров за лактацию оказывают влияние физиологические факторы, обуславливающие увеличение удоя до определенного максимума в первой половине лактационного периода. Лактационная кривая свидетельствует о превосходстве опытной группы в первые месяцы лактации. Коровы контрольной группы имеют более выровненную лактационную кривую. У подопытных животных опытной группы снижение надоя свидетельствует о сдвиге времени осеменения.

Затраты кормов на единицу продукции являются одним из важным производственно-экономических показателей

Таблица 3 – Показатели молочной продуктивности на одну голову за опыт
Table 3 – Milk productivity indicators per head per experiment

Показатели	Группы	
	контрольная	опытная
Надой с натуральной жирностью, кг	3 168	3 449
в процентах к контрольной группе	100,0	108,8
Массовая доля жира, %	3,64	3,71
в процентах к контрольной группе	100	101,9
Количество 4-процентного молока, кг	2 883	3 199
в процентах к контрольной группе	100,0	110,9
Массовая доля белка, %	3,01	3,00
в процентах к контрольной группе	100,0	99,6
Количество молочного жира, кг	115,3	127,9
в процентах к контрольной группе	100,0	110,9
Количество молочного белка, кг	95,4	103,5
в процентах к контрольной группе	100,0	108,4

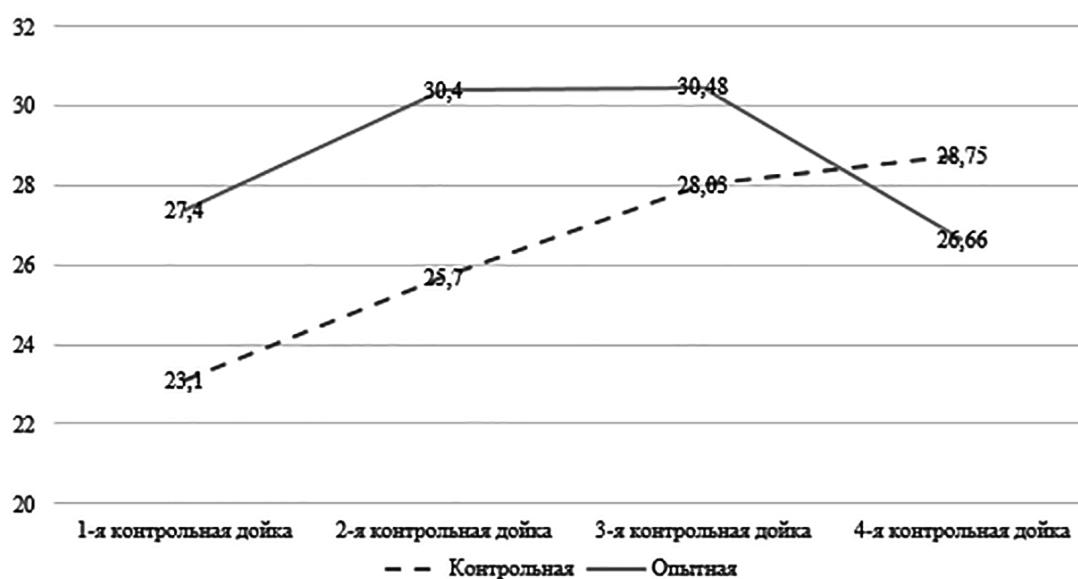


Рисунок 1 – Усредненные лактационные кривые по опытным группам

Figure 1 – Average lactation curves for experimental groups

в животноводстве. Так как эксперимент проводился в зимне-стойловый период, рацион коров был в виде моноорма, состоящего из силоса кукурузного – 15 кг; зерносенажа – 2 кг; размола – 6 кг; кукурузы – 4 кг; шрота соевого – 6 кг. Кроме основных компонентов, в рацион вводили балансирующие кормовые добавки. В целом питательность рациона для всех подопытных коров была одинаковая и составляла 21,6 энергетических кормовых единиц (ЭКЕ) на одну голову (табл. 4).

Таким образом, первотелки воронежской селекции более эффективно используют питательные вещества рациона. На синтез одного килограмма молока они тратят на 8,18 % меньше ЭКЕ, чем животные амурской селекции.

Одним из основных показателей в период раздоя коров является восстановление половых циклов после родов и своевременность наступления половой

охоты. Первотелка, организм которой недостаточно восстановлен после родов, неспособна оплодотвориться в установленные сроки, которые, согласно классическим представлениям зоотехнических норм, составляют 3 месяца.

В анализируемом крестьянском хозяйстве Колобова А. Г. принят искусственный способ осеменения. Согласно принятого распорядка, через 2 месяца после осеменения проводится ультразвуковая диагностика на стельность. При отсутствии подтвержденной стельности коров осеменяют повторно. Результаты проведенной работы представлены в таблице 5.

Таким образом, мы можем констатировать, что продолжительность сервис-периода в опытной группе в среднем оказалась на 21 день длиннее, чем в контрольной группе. Соответственно отел и наступление новой лактации произойдут примерно на этот же период позже, чем

Таблица 4 – Затраты ЭКЕ на один килограмм молока за период опыта

Table 4 – Costs of EFU per kilogram of milk during the experimental period

Группы	Содержится в рационе, ЭКЕ	Среднесуточный надой		Расход ЭКЕ	
		кг	процент к контрольной	на 1 кг молока	в процентах к контрольной
Контрольная	22,6	26,40	100,00	0,856	100,00
Опытная	22,6	28,74	108,86	0,786	91,82

Таблица 5 – Продолжительность сервис-периода у подопытных коров

Table 5 – Duration of the service period in experimental cows

Группы	Индекс осеменения	Продолжительность сервис-периода	
		дни	разность с контролем
Контрольная	1,6	138,8±18,5	—
Опытная	1,4	159,8±24,5	21

в контрольной группе. При этом, если по данным таблицы 1, в опытной группе приплод получили на 176,9 дней раньше, чем в контрольной группе, становится очевидным, что процесс адаптации привезенного скота проходит успешно.

Закключение. 1. Привезенный скот воронежской селекции является более скороспелым и первый отел можно получать на 176,9 дней раньше, чем от первотелок амурской селекции.

2. Первотелки воронежской селекции по крупноплодности на 17,47 % превосходят первотелок амурской селекции, но уступают им по интенсивности роста приплода – к 4-х месячному возрасту живая масса телят из опытной группы превосходит контрольную всего на 4,48 %.

3. Первотелки воронежской селекции в период раздоя оказались лучше, чем животные местной селекции. Надой молока с натуральной жирностью оказался в опытной группе на 8,8 % выше, чем в контрольной группе, а при пересчете на

4-процентное молоко соответствующая разница достигала 10,9 %.

4. Продолжительность сервис-периода у новотельных коров в опытной группе в среднем на 21 день длиннее, чем в контрольной группе.

Так как молочная продуктивность первотелок воронежской селекции достоверно выше, чем продуктивность первотелок амурской селекции, а по отстающим показателям разница между группами сокращается, это позволяет считать, что закупка нетелей голишинской породы воронежской селекции оправдана, адаптационный процесс идет благополучно.

Вместе с тем для окончательного утверждения целесообразности закупки нетелей голишинской породы воронежской селекции следует рассчитать экономическую эффективность за полный цикл производства (от одного отела до следующего), что будет сделано в продолжении проводимых научных исследований.

Список источников

1. Национальный проект «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности» // Правительство РФ. URL: <http://government.ru/rugovclassifier/924/about/> (дата обращения: 25.01.2025).
2. Стратегия социально-экономического развития Амурской области на период до 2035 г. : постановление Правительства Амурской области от 24.04.2023 № 381 // Кодекс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/406643139?ysclid=mboenuazlm163091414> (дата обращения: 25.01.2025).
3. Дородных В. Т., Водяников В. Т. Региональные особенности устойчивого развития молочного скотоводства // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 2 (46). С. 68–75. doi: 10.51794/27132064-2022-2-68.
4. Шарвадзе Р. Л., Бабухадия К. Р., Терехов С. Б. Оценка эффективности использования кормового концентрата при раздое коров // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. № 1 (61). С. 79–86. doi: 10.22450/1999-6837-2022-16-1-79-86. EDN ILJMTX.
5. Шарвадзе Р. Л., Бабухадия К. Р., Терехов С. Б. Оптимизация периода восстановления новотельных коров как залог высокой продуктивности // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. Благовещенск, 2025.

щенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. С. 241–247. doi: 10.22450/9785964205494_3_36. EDN DJHXUK.

6. Prawochenski R. Acclimatization in relation to livestock improvement // *Nature*. 1938. Vol. 141. P. 922. <https://doi.org/10.1038/141922a0>.

7. Shishkin V. V., Tatarenko I. Y., Shulzhenko E. A., Shishkina G. I. Change of hematological indices from acclimatization period of cattle of milk direction // *International conference on world technological trends in agribusiness. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing LTD., 2021. P. 012042. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012042. EDN EQVEIY.

8. Амерханов Х. А., Шичкин Г., Кертиев Р. Стратегия модернизации молочного скотоводства России // *Молочное и мясное скотоводство*. 2006. № 6. С. 2–5. EDN VJKLQR.

9. Баймишев М. Х., Баймишев Х. Б. Репродуктивная функция коров и факторы ее определяющие : монография. Кинель, 2016. 166 с. EDN XVUCAX.

10. Баюров Л. И. Характеристика продуктивных качеств коров стада ФГУП РПЗ «Красноармейский» // *Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2022. № 10 (184). С. 1–19. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-184-002>.

11. Джапаридзе Г. М., Труфанов В. Г., Новиков Д. В., Джелалов В. В. Продуктивные качества коров голштинской породы канадской селекции // *Зоотехния*. 2013. № 1. С. 8–9. EDN PLXSZR.

12. Морозова Н. И., Мусаев Ф. А., Иванова Л. В. Сравнительная оценка молочной продуктивности коров голштинской породы голландской и венгерской селекции // *Зоотехния*. 2012. № 5. С. 22. EDN OYACFT.

13. Мусаев Ф. А., Морозов И. А. Воспроизводительные особенности голштинских коров в зависимости от происхождения // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета*. 2024. Т. 16. № 4. С. 42–47. doi: 10.36508/RSATU.2024.44.60.007.

14. Плохинский Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников. М. : Колос, 1969. 256 с.

15. Меркурьева Е. К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. М. : Колос, 1970. 423 с.

References

1. National project "Technological support of food security". *Government.ru* Retrieved from <http://government.ru/rugovclassifier/924/about/> (Accessed 25 January 2025) (in Russ.).

2. Strategy for the socio-economic development of the Amur region for the period up to 2035: Resolution of the Government of the Amur region No. 381 of 24/04/2023. *docs.cntd.ru* Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/406643139?ysclid=mboenuazlm163091414> (Accessed 25.01.2025) (in Russ.).

3. Dorodnykh V. T., Vodyannikov V. T. Regional features of sustainable development of dairy cattle breeding. *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve*, 2022;2(46):68–75. doi: 10.51794/27132064-2022-2-68 (in Russ.).

4. Sharvadze R. L., Babikhadia K. R., Terekhov S. B. Evaluation of the efficiency of using feed concentrate during milking of cows. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2022;1(61):79–86 doi: 10.22450/1999-6837-2022-16-1-79-86. EDN ILJMTX (in Russ.).

5. Sharvadze R. L., Babikhadia K. R., Terekhov S. B. Optimization of the recovery period of fresh cows as a guarantee of high productivity. *Proceedings from Agro-industrial complex: problems and development prospects: Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 241–247), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2022. doi: 10.22450/9785964205494_3_36. EDN DJHXUK (in Russ.).

6. Prawochenski R. Acclimatization in relation to livestock improvement. *Nature*, 1938;141: 922. <https://doi.org/10.1038/141922a0>.
7. Shishkin V. V., Tatarenko I. Y., Shulzhenko E. A., Shishkina G. I. Change of hematological indices from acclimatization period of cattle of milk direction. *Proceedings from International conference on world technological trends in agribusiness. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. (PP. 012042), IOP Publishing LTD., 2021. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012042. EDN EQVEIY.
8. Amerkhanov Kh. A., Shichkin G., Kertiev R. Strategy for modernization of dairy cattle breeding in Russia. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2006;6:2–5. EDN VJKLQR (in Russ.).
9. Baymishev M. Kh., Baymishev Kh. B. *Reproductive function of cows and the factors that determine it: monograph*, Kinel, 2016, 166 p. EDN XVUCAX (in Russ.).
10. Bayurov L. I. Characteristics of productive qualities of cows of the herd of the Federal State Unitary Enterprise RPZ "Krasnoarmeysky". *Nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022;10(184):1–19. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-184-002> (in Russ.).
11. Dzharparidze G. M., Trufanov V. G., Novikov D. V., Dzhelalov V. V. Productive qualities of Holstein cows of Canadian selection. *Zootekhnika*, 2013;1:8–9. EDN PLXSZR (in Russ.).
12. Morozova N. I., Musaev F. A., Ivanova L. V. Comparative assessment of milk productivity of Holstein cows of Dutch and Hungarian selection. *Zootekhnika*, 2012;5:22. EDN OYACFT (in Russ.).
13. Musaev F. A., Morozov I. A. Reproductive characteristics of Holstein cows depending on origin. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta*, 2024;16; 4:42–47. doi: 10.36508/RSATU.2024.44.60.007 (in Russ.).
14. Plokhinsky N. A. *Handbook of biometrics for livestock specialists*, Moscow, Kolos, 1969, 256 p. (in Russ.).
15. Merkur'yeva E. K. *Biometrics in breeding and genetics of farm animals*, Moscow, Kolos, 1970, 423 p. (in Russ.).

© Шарвадзе Р. Л., Согорин С. А., Гайдукова Е. М., Жилина А. В., Камышенцев С. Г., 2025
Статья поступила в редакцию 08.05.2025; одобрена после рецензирования 06.06.2025; принята к публикации 09.06.2025.

The article was submitted 08.05.2025; approved after reviewing 06.06.2025; accepted for publication 09.06.2025.

Информация об авторах

Шарвадзе Роини Леванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, roiny64@mail.ru;

Согорин Сергей Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет;

Гайдукова Елена Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, Дальневосточный государственный аграрный университет, gajdukovaelena83@mail.ru;

Жилина Александра Владимировна, аспирант, Дальневосточный государственный аграрный университет;

Камышенцев Сергей Гуламжанович, аспирант, Дальневосточный государственный аграрный университет, sergeykamysh@yandex.ru

Information about the authors

Roini L. Sharvadze, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, roiny64@mail.ru;

Sergey A. Sogorin, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University;

Elena M. Gaidukova, Candidate of Agricultural Sciences, Far Eastern State Agrarian University, gajdukovaelena83@mail.ru;

Alexandra V. Zhilina, Postgraduate Student, Far Eastern State Agrarian University;

Sergey G. Kamyshentsev, Postgraduate Student, Far Eastern State Agrarian University, sergeykamysh@yandex.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 631.362.34

EDN UMZRZM

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-105-114>

Очистка семенного зерна ячменя от семян сорных растений

Андрей Александрович Абидуев¹, Варвара Семеновна Трофимова²,
Альберт Юрьевич Тогмидон³, Евгений Владимирович Тушкаев⁴,
Александр Андреевич Абидуев⁵

^{1, 2, 3, 4} Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова
Республика Бурятия, Улан-Удэ, Россия

⁵ Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
Республика Бурятия, Улан-Удэ, Россия

^{1, 2, 3, 4} bgsha@bgsha.ru

Аннотация. Установлено, что в Республике Бурятия актуальным является совершенствование процесса очистки семенного материала ячменя ввиду неудовлетворительного его качества из-за наличия выше допустимых норм семян других культурных и сорных растений (пшеница, овес, рожь, овсюг, татарская гречиха). Доказано, что имеющиеся технические средства и способы очистки зерна не позволяют в достаточной мере отделить от обрабатываемого материала указанные примеси. При этом к наиболее трудноотделимым примесям семенного зерна ячменя из семян сорных растений относится овсюг. Мелкие зерновки указанной примеси отсеиваются из зерна в аспирационном канале и на подсевном решете зерноочистительной машины с отверстиями шириной 2,4–2,6 мм. Крупные зерновки овсюга отделяются из зерна как длинные примеси при пропуске его через зерноочистительную машину с цилиндрическим рабочим органом с ячейками 11,2 мм при положении приемной кромки желоба под углом 55–60 град. к горизонтальному диаметру цилиндра. Установлено, что при обработке семенного зерна на воздушно-решетной машине и зерноочистительной машине с указанным ячеистым цилиндром полнота отделения овсюга в долях единицы составляет 0,81–0,97 и обеспечивается достаточно высокий выход семян (61,2–81,3 %). Сделано заключение, что обработка семенного зерна ячменя по предлагаемой схеме позволит получить полноценные семена.

Ключевые слова: семена, трудноотделимая примесь, очистка, подсевное решето, ячеистый цилиндр

Для цитирования: Абидуев А. А., Трофимова В. С., Тогмидон А. Ю., Тушкаев Е. В., Абидуев А. А. Очистка семенного зерна ячменя от семян сорных растений // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 105–114. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-105-114>.

Original article

Cleaning of barley grain from weed seeds

Andrey A. Abiduev¹, Varvara S. Trofimova², Albert Yu. Togmidon³,
Evgeny V. Tushkaev⁴, Alexander A. Abiduev⁵

^{1, 2, 3, 4} Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov
Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Russian Federation

⁵ East Siberian State University of Technology and Management

Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Russian Federation

^{1, 2, 3, 4} bgsha@bgsha.ru

Abstract. In the Republic of Buryatia, it is relevant to improve the process of barley grain material cleaning due to its unsatisfactory quality. Contamination with other crop and weed seeds (wheat, oats, rye, wild oats, Tatar buckwheat) is above acceptable levels. It has been confirmed that the available technical means and methods for grain cleaning are not effective enough to separate these impurities from the processed material. The most hard-separable impurity of barley grain among weed seeds is wild oats. It has been proven that small seeds of this contaminant are sifted out of the grain on the undersowing sieve of the grain cleaning machine with openings 2.4–2.6 mm wide. Large seeds of wild oats are separated from the grain as long impurities when it is passed through a grain cleaning machine with a cylindrical working element with 11.2 mm cells with the position of the receiving edge of the chute at an angle of 55–60° to the horizontal diameter of the cylinder. It has been established that when processing seed grain on an air-sieve machine and a grain cleaning machine with a cellular cylinder, the completeness of the separation of wild oats is 0.81–0.97 and a sufficiently high seed yield is ensured (61.2–81.3%). Processing barley grain according to the proposed scheme allows obtaining high-quality seeds.

Keywords: seeds, hard-separable impurity, cleaning, undersowing sieve, honeycomb cylinder

For citation: Abiduev A. A., Trofimova V. S., Togmidon A. Yu., Tushkaev E. V., Abiduev A. A. Cleaning of barley grain from weed seeds. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:105–114. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-2-105-114>.

Введение. Семенной материал в хозяйствах имеет неудовлетворительное качество преимущественно по степени засоренности, в частности по содержанию семян сорных растений (овсюга, татарской гречихи). Так, по данным Россельхозцентра, около 40 % семенного материала является некондиционным по содержанию указанных примесей.

Очистка семенного зерна ячменя от овсюга недостаточно изучена. Имеющиеся технические средства (зерноочистительные агрегаты и комплексы, передвижные машины для предварительной очистки зерна ОВС-25, семяочистительные машины СМ-4), а также методы и способы очистки зерна от семян сорных растений [1–5] в условиях исследуемого региона слабо эффективны.

К семенному материалу ячменя предъявляются высокие требования по содержанию семян других культурных растений и сорняков. Нужно отметить, что посевные качества семян регламентированы ГОСТ Р 52325–2005 «Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. Общие технические условия». Так, в семенах категории «репродукционные» и «репродукционные для производства товарной продукции» содер-

жание семян сорных растений допускается не более 20 и 70 шт./кг соответственно.

Целью представленных исследований явилось повышение эффективности очистки семенного зерна ячменя от семян сорных растений.

Материал и методы исследований. Засоренность свежесобранного зерна определяли согласно требований стандартов: ГОСТ 12036–85 «Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб», ГОСТ 12037–81 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян».

При этом общая засоренность свежесобранного зерна ячменя в СПК «Твороговский» Кабанского района достигала 15,7 %, из них сорной примесью – 5,2 %; зерновой – 10,5 %. Содержание в зерне трудноотделимых примесей семян пшеницы и овса составляло 686 и 497 шт./кг соответственно; овсюга и татарской гречихи – 294 и 242 шт./кг соответственно.

Анализ засоренности свежесобранного зерна трудноотделимыми примесями и требований к допустимому содержанию их в семенном материале говорит о необходимости обеспечения высокого качества очистки семенного зерна.

Поперечный размер частиц семенного зерна устанавливался путем просеивания на наборе лабораторных решет. Наибольший их размер (длина) определялся непосредственным измерением. Аэродинамические свойства определялись по лабораторному пневмокласификатору ВСЗ фирмы «Grainlab». Навеска исходной смеси делится на 4–5 частей и производится разделение их на фракции по скорости витания на данной установке. Скорость воздушного потока в его канале изменяется с шагом 0,5 м/с и устанавливается с помощью микроманометра ММН-240. Фракции семян, выделенных из разных частей навески исходной смеси воздушным потоком с одной и той же скоростью, объединяются. Для обработки полученных параметров компонентов зерна использовался статистический метод [6, 7].

Зерновки продолговатой формы выпадают из ячеек цилиндрического рабочего органа опрокидыванием вокруг своей нижней опоры. Указанный процесс описан нами в работе [8] посредством законов теоретической механики [9].

Дифференциальное уравнение движения продолговатой зерновки в ячейке вращающегося цилиндра имеет вид:

$$\frac{d^2\gamma}{dt^2} = \frac{3g}{4l_{\text{ц}}} [\sin(\alpha + \gamma) + K \cos \gamma - M] \quad (1)$$

где γ – угол наклона зерновки ко дну ячейки, град.;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

$l_{\text{ц}}$ – расстояние от оси вращения цилиндра до центра массы частицы, м;

α – угол наклона радиуса цилиндра, проходящего через центр тяжести зерновки, град.;

K – кинематический режим вращающегося цилиндра;

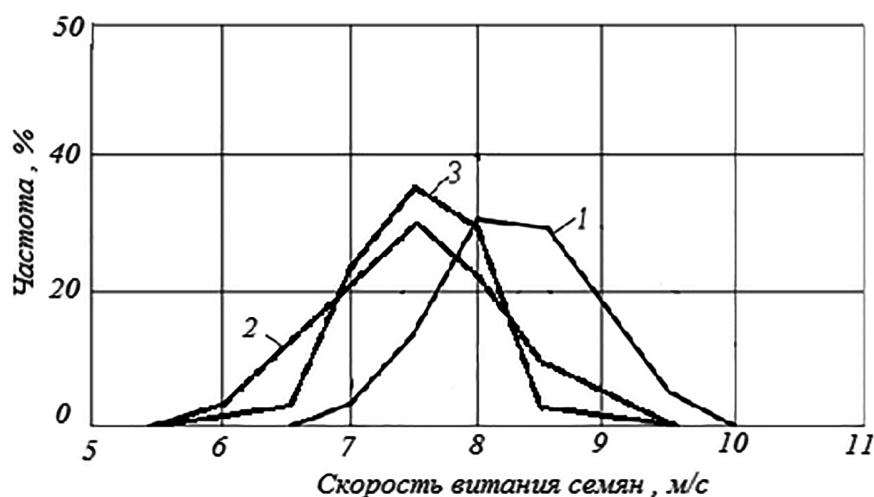
M – момент сопротивления движению (качению) зерновки относительно своей нижней точки опоры.

Дифференциальное уравнение (1) было решено численным методом [10].

Исследованием процесса движения длинных и коротких зерен в ячейках цилиндров определены углы их выпадения из ячеек и траектории их свободного полета – положения приемных кромок желобов для улавливания последних.

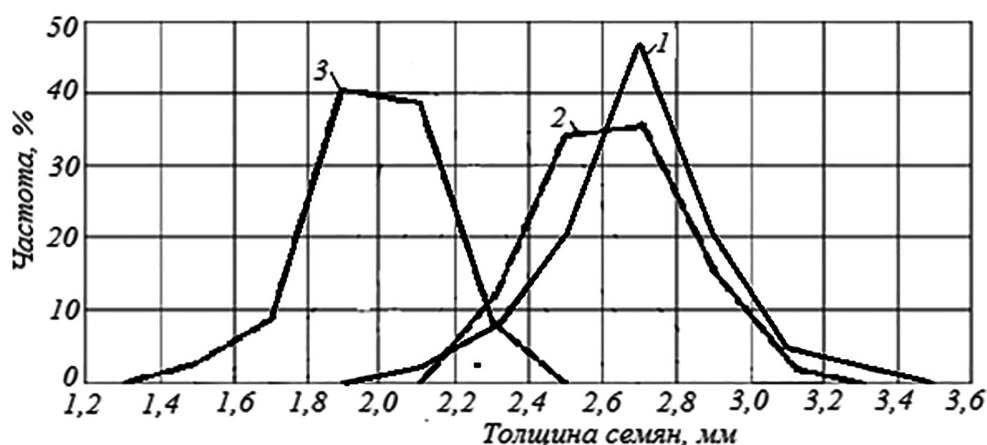
Результаты исследований и их обсуждение. Аэродинамические свойства, поперечный размер (толщина) и наибольший размер (длина) частиц зерна приведены на рисунках 1, 2 и 3.

Часть легких (мелких) семян указанных сорных растений (24–48 %) могут быть выделены из обрабатываемого материала при пропуске его через аспирационный канал семяочистительной машины со скоростью воздушного потока 7,0–7,5 м/с



1 – ячмень; 2 – татарская гречиха; 3 – овсюг
1 – barley; 2 – Tatar buckwheat; 3 – wild oats

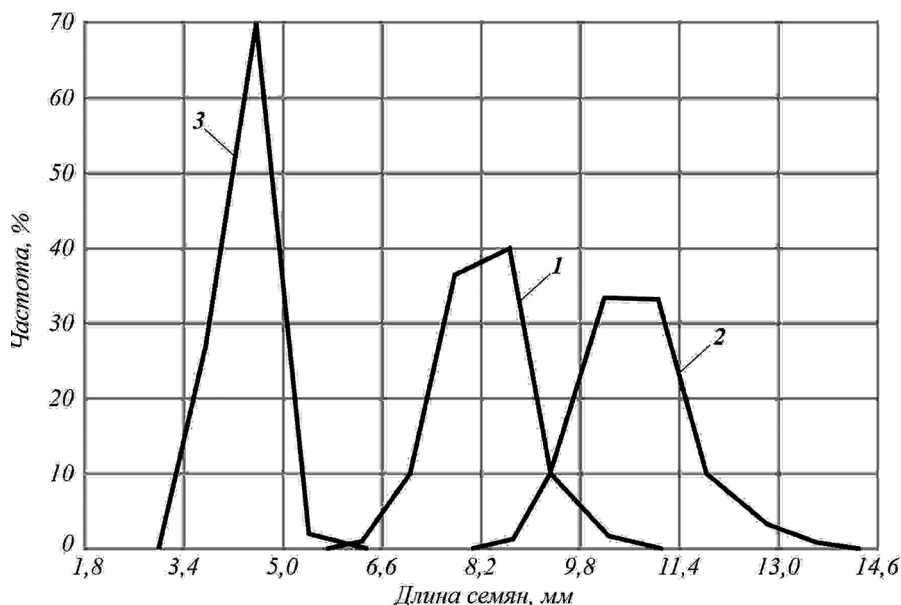
Рисунок 1 – Аэродинамические свойства семян ячменя
Figure 1 – Aerodynamic properties of seeds and weeds



1 – ячмень; 2 – татарская гречиха; 3 – овсюг
 1 – barley; 2 – Tatar buckwheat; 3 – wild oats

Рисунок 2 – Поперечный размер семян ячменя и сорных примесей

Figure 2 – Transverse size of seeds and weeds



1 – ячмень; 2 – овсюг; 3 – татарская гречиха
 1 – barley; 2 – wild oats; 3 – Tatar buckwheat

Рисунок 3 – Наибольший размер семян ячменя и сорных примесей

Figure 3 – The largest size of seeds and weeds

(рис. 1). Толщина семян ячменя изменяется от 2,0 до 3,4 мм; татарской гречихи – от 2,2 до 3,2 мм; овсюга – от 1,4 до 2,4 мм. Длина семян ячменя варьирует от 6,6 до 10,0 мм; татарской гречихи – от 3,4 до 5,6 мм, что говорит о возможности отделения данной примеси от зерна в ячеистом цилиндре с определенными параметрами.

При разделении зерна по толщине 2,4 и 2,6 мм из него могут быть выделе-

ны значительная часть овсюга и 22–48 % семян татарской гречихи (рис. 2). При разделении зерна по максимальной длине семян ячменя из него могут быть выделены оставшиеся крупные семена овсюга как длинные примеси в ячеистом цилиндре с определенным размером ячеек (рис. 3).

Важное значение при разделении компонентов зерна по длине, наряду с размером ячеек, имеет положение приемной

кромки желоба цилиндра для улавливания коротких зерен, которое зависит от угла выпадения длинных и коротких зерновок из его ячеек. Значение угла, при котором зерновка теряет контакт с ячейкой вращающегося цилиндра (начало свободного полета частицы в цилиндре), может быть определено как сумма углов начала выпадения частицы из ячейки и поворота рабочего органа за время движения зерновки в ней. Для определения угла начала выпадения зерновки из ячейки предлагается номограмма, представленная на рисунке 4.

В правом квадранте номограммы определяется кинематический режим вращающегося цилиндра (K) в зависимости от частоты его вращения (n); в левом – значение угла начала выпадения зерновки из ячейки ($\alpha_{\text{нв}}$) (условие равновесия зерновки в ячейке) в зависимости от кинематического режима цилиндра и угла наклона зерновки (γ_0) в период покоя.

На номограмме стрелками показан пример определения условия равновесия зерновки в ячейке ($\alpha_{\text{нв}}$) при рекомендуемой скорости вращения ячеистого цилиндра 45 об/мин (кинематический режим $K=0,68$) и первоначальном положении частицы в ячейке к дну ячейки под углом, составляющим 20 град. В данном случае условие равновесия зерновки в ячейке вращающегося цилиндра ($\alpha_{\text{нв}}$) соответствует значению 20 град. (рис. 4).

Для определения продолжительности движения продолговатой зерновки в ячейке вращающегося цилиндра (t) и значения угла поворота рабочего органа за этот промежуток времени (α_r) предлагается номограмма (рис. 5).

В правом квадранте номограммы определяется время движения зерновки в ячейке (t) в зависимости от длины частицы (l); в левом – значение угла поворота цилиндра (α_r) за это время в зависимости от частоты вращения рабочего органа (n).

На номограмме стрелками показан пример определения продолжительности опрокидывания продолговатой зерновки длиной 8,0 мм из ячейки вращающегося цилиндра и угла поворота цилиндра за этот период времени при частоте его вращения 45 об/мин. При этом время движения зерновки в ячейке составляет 0,089 с, а угол поворота цилиндра за этот промежуток времени – 24 град. (рис. 5). Тогда угол начала свободного полета зерновки в цилиндре (угол выпадения зерновки из ячейки), состоящий из суммы углов начала выпадения частицы из ячейки ($\alpha_{\text{нв}}$) (соответствует 20 град.) и поворота цилиндра за время движения ее в ячейке (α_r) (равен 24 град.), достигает 44 град.

С целью выбора размера ячеек цилиндрического рабочего органа зерноочистительной машины нами расчетным путем были установлены условия начала

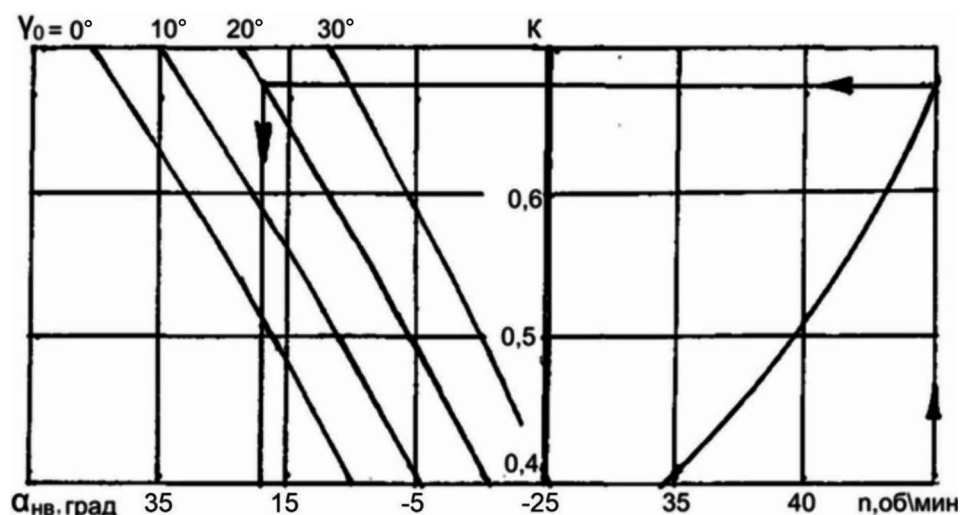


Рисунок 4 – Номограмма для определения условия равновесия продолговатой зерновки в ячейке вращающегося цилиндра
Figure 4 – Nomogram for determining equilibrium conditions oblong grain in the cell of a rotating cylinder

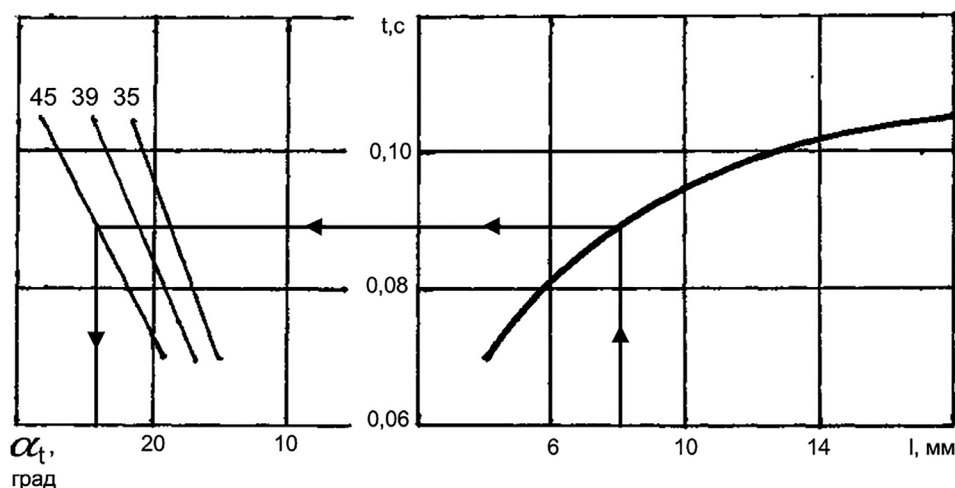
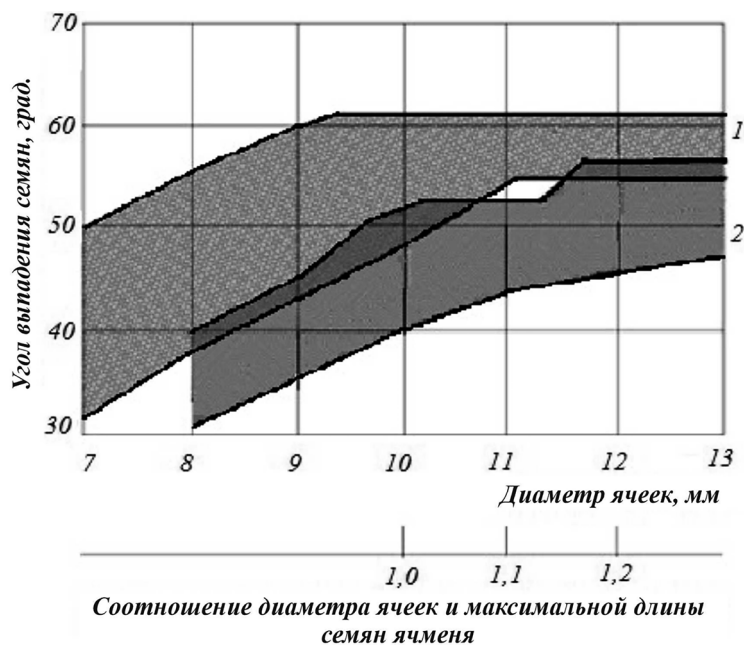


Рисунок 5 – Номограмма для определения параметров движения продолговатой зерновки в ячейке вращающегося цилиндра

Figure 5 – Nomogram for determining the parameters of movement of an oblong grain in the cell of a rotating cylinder

свободного полета зерновок (углы выпадения зерновок из ячеек (α_v)) рассматриваемых компонентов зерна в цилиндрах с разными размерами ячеек. Изменение угла выпадения зерновок из ячеек цилиндров в зависимости от размера ячейки представлено на рисунке 6.

Условие начала свободного полета семян овсяга и ячменя во вращающемся цилиндре (углы выпадения их из ячеек) не перекрываются в случае, когда размер ячеек превышает максимальную длину коротких зерен (семян основной культуры) в 1,10–1,15 раза (рис. 6). В данном



1 – зона выпадения семян ячменя; 2 – зона выпадения семян овсяга
1 – zone of barley seed loss; 2 – zone of wild oats seed loss

Рисунок 6 – Изменение угла начала свободного полета семян овсяга и ячменя в цилиндрическом рабочем органе в зависимости от размера ячейки

Figure 6 – Change in the conditions for the start of free flight of wild oat and barley seeds in a cylindrical working body depending on the cell size

диапазоне стандартных размеров ячеек имеются ячейки размером 11,2 мм. При этом верхняя граница условия начала свободного полета зерновок овсяга в цилиндре составляет 52 град., а нижняя граница условия начала свободного полета семян основной культуры – 55 град. (рис. 6).

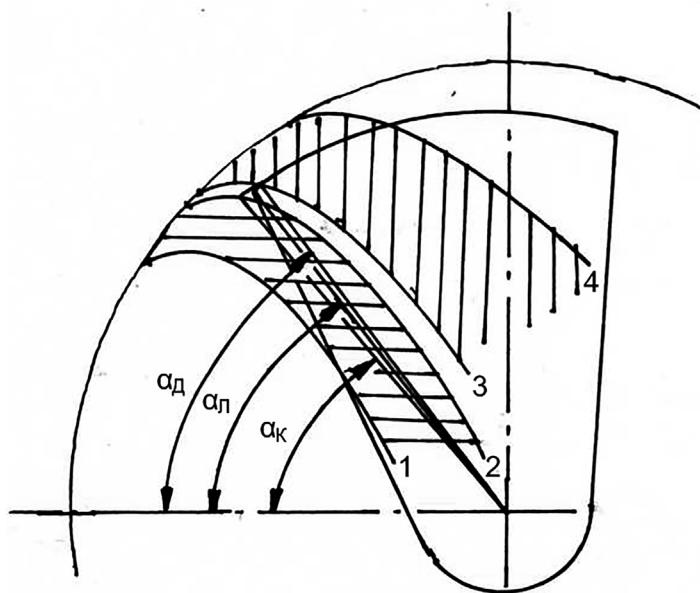
Качество очистки семян от длинных примесей зависит также от положения желоба. Анализ траекторий свободного полета зерновок овсяга и ячменя в цилиндре с ячейками 11,2 мм показал, что переднюю кромку его желоба необходимо установить под углом 55–58 град. к горизонтальному диаметру цилиндра (рис. 7).

При установке на семяочистительную машину подсевного (сортировального) решета с размером отверстий 2,4–2,6 мм и на триерный блок ячеистых цилиндров с ячейками 11,2 мм с положением приемной кромки его желоба под углом 55–60 град. к горизонтальному диаметру цилиндра обеспечивается высокая полнота отделения овсяга из семенного зерна (0,81–0,97 в долях единицы) и достаточно высокий выход семян (61,2–81,3 %). Такая обработка зерна

обеспечивает получение семян высокого качества.

На способ очистки семян ячменя от трудноотделимых примесей (овса, пшеницы, овсяга, татарской гречихи), включающий обработку зерна в аспирационном канале, на подсевном решете с отверстиями шириной 2,4–2,6 мм и в ячеистых цилиндрах с ячейками 8,0 или 8,5 мм (где из зерна выделяются короткие примеси (пшеница и татарская гречиха) и 11,2 мм (где из зерна выделяются длинные примеси) с положением приемной кромки желоба под углом 55–60 град. к горизонтальному диаметру цилиндра, получен патент на изобретение № 2819928 [11].

Закключение. Разработан способ очистки семян ячменя от овсяга. Семенное зерно рекомендуется обработать в аспирационном канале, на подсевном решете с отверстиями шириной 2,4–2,6 мм и в ячеистом цилиндре с диаметром ячеек 11,2 мм, установив приемную кромку желоба под углом 55–60 град. к горизонтальному диаметру цилиндра в зависимости от засоренности исходного зерна и категории семян.



- 1–2 – зона траекторий полета семян овсяга;
- 3–4 – зона траекторий полета семян основной культуры
- 1–2 – zone of flight trajectories of wild oat seeds;
- 3–4 – zone of flight trajectories of wild seeds of the main crop

Рисунок 7 – Траектории свободного полета семян овсяга и ячменя в цилиндре с ячейками 11,2 мм

Figure 7 – Free flight trajectories of wild oat and barley seeds in a cylinder with 11.2 mm cells

Список источников

1. Галкин В. Д., Галкин А. Д., Хандриков К. А., Грубов А. Д. Параметры и режимы процесса очистки семян ячменя от овсяга по комплексу свойств // Пермский аграрный вестник. 2020. № 1 (29). С. 4–12. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2021_33_3. EDN VPXCJI.
2. Ермольев Ю. И. Современные технологии и технические средства для очистки семенного зерна // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. № 3. С. 29–32. EDN OXUPVB.
3. Кибирев Л. К. Методы очистки и сортирования семян // Инновационные подходы и технологии в агроинженерии : материалы конф. Екатеринбург : Уральский государственный аграрный университет, 2024. С. 27. EDN RDSJSA.
4. Sinha J. P., Kumar A., Weissmann E. Seed processing for quality upgradation // Dadlani M., Yadava D. K. (Eds.) Seed science and technology. Springer, 2023. P. 213–237. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_10.
5. Sayyad F. G., Sharma H. K., Kumar N. Cleaning and separation // Sharma H. K., Kumar N. (Eds.) Agro-processing and food engineering. Springer, 2022. P. 307–352. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7289-7_8.
6. Терехова Н. А., Веденеева Н. Г. Статистические методы обработки данных, применяемые в почвенных исследованиях // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы всерос. науч.-метод. конф. Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2023. С. 3809–3811. EDN FDTEYB.
7. Рязанов А. В., Фадеев И. В., Смолина И. П. Последовательность статистической обработки результатов парных экспериментов // Техника, дороги и технологии: перспективы развития : материалы науч.-практ. конф. Чебоксары : Волжский филиал Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета, 2018. С. 166–169. EDN TIZJIP.
8. Цыбиков Б. Б., Алтаева О. А., Именсенова Э. Г., Батудаев А. П., Раднаев Д. Н., Абидуев А. А. [и др.]. Научное и техническое обеспечение производства и переработки зерна в условиях Бурятии : монография. Улан-Удэ : Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, 2023. 183 с. EDN ELVPBW.
9. Диевский В. А. Теоретическая механика : учебник. Санкт-Петербург : Лань, 2024. 348 с.
10. Масловская А. Г. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений : учебное пособие. Благовещенск : Амурский государственный университет, 2021. 47 с.
11. Патент № 2819928. Российская Федерация. Способ очистки семян ячменя от трудно-отделимых примесей : № 2022120400 : заявл. 22.07.2022 : опубл. 28.05.2024 / Абидуев А. А., Тогмидон А. Ю., Абидуев А. А., Батомункуев А. Г. Бюл. № 16. 5 с.

References

1. Galkin V. D., Galkin A. D., Khandrikov K. A., Grubov A. D. Parameters and modes of the process of cleaning barley seeds from wild oats by a set of properties. *Permskii agrarnyi vestnik*, 2020;1(29):4–12. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2021_33_3. EDN VPXCJI (in Russ.).
2. Ermoliev Yu. I. Modern technologies and technical means for cleaning seed grain. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii*, 2012;3:29–32. EDN OXUPVB (in Russ.).
3. Kibirev L. K. Methods of cleaning and sorting seeds. Proceedings from Innovative approaches and technologies in agricultural engineering: *Konferentsiya*. (PP. 27), Ekaterinburg, Ural'skii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2024. EDN RDSJSA (in Russ.).

4. Sinha J. P., Kumar A., Weissmann E. Seed processing for quality upgradation. In.: Dadlani M., Yadava D. K. (Eds.) *Seed science and technology*, Springer, 2023, P. 213–237. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5_10.
5. Sayyad F. G., Sharma H. K., Kumar N. Cleaning and separation. In.: Sharma H. K., Kumar N. (Eds.) *Agro-processing and food engineering*, Springer, 2022, P. 307–352. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7289-7_8.
6. Terekhova N. A., Vedeneva N. G. Statistical methods of data processing applied in soil studies. Proceedings from University complex as a regional center of education, science and culture: *Vserossiiskaya nauchno-metodicheskaya konferentsiya*. (PP. 3809–3811), Orenburg, Orenburgskii gosudarstvennyi universitet, 2023. EDN FDTEYB (in Russ.).
7. Ryazanov A. V., Fadeev I. V., Smolina I. P. Sequence of statistical processing of the results of paired experiments. Proceedings from Equipment, roads and technologies: development prospects: *Nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 166–169), Cheboksary, Volzhskii filial Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2018 EDN TIZJIP (in Russ.).
8. Tsybikov B. B., Altaeva O. A., Imeskenova E. G., Batudaev A. P., Radnaev D. N., Abiduev A. A. [et al.]. *Scientific and technical support for grain production and processing in Buryatia: monograph*, Ulan-Ude, Buryatskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya imeni V. R. Filippova, 2023, 183 p. (in Russ.).
9. Dievsky V. A. *Theoretical mechanics: textbook*, Saint-Petersburg, Lan', 2024, 348 p. (in Russ.).
10. Maslovskaya A. G. *Numerical methods for solving ordinary differential equations: textbook*, Blagoveshchensk, Amurskii gosudarstvennyi universitet, 2021, 47 p. (in Russ.).
11. Abiduev A. A., Togmidon A. Yu., Abiduev A. A., Batomunkuev A. G. Method for cleaning barley seeds from difficult-to-separate impurities. *Patent RF, No. 2819928 patents*. [google.com](https://patents.google.com/patent/RU2819928C2/ru) 2024 Retrieved from <https://patents.google.com/patent/RU2819928C2/ru> (Accessed 12 January 2025) (in Russ.).

© Абидуев А. А., Трофимова В. С., Тогмидон А. Ю., Тушкаев Е. В., Абидуев А. А., 2025

Статья поступила в редакцию 19.02.2025; одобрена после рецензирования 25.03.2025; принята к публикации 15.04.2025.

The article was submitted 19.02.2025; approved after reviewing 25.03.2025; accepted for publication 15.04.2025.

Информация об авторах

Абидуев Андрей Александрович, доктор технических наук, доцент, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, abana47@mail.ru;

Трофимова Варвара Семеновна, ассистент, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, trofimovarvara15@mail.ru;

Тогмидон Альберт Юрьевич, аспирант, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, togmidon83@mail.ru;

Тушкаев Евгений Владимирович, аспирант, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова;

Абидуев Александр Андреевич, кандидат технических наук, доцент, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, abiduev2011@yandex.ru

Information about the authors

Andrey A. Abiduev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, abana47@mail.ru;

Varvara S. Trofimova, Assistant, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, trofimovarvara15@mail.ru;

Albert Yu. Togmidon, Postgraduate Student, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, togmidon83@mail.ru;

Evgeny V. Tushkaev, Postgraduate Student, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov;

Alexander A. Abiduev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, East Siberian State University of Technology and Management, abiduev2011@yandex.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 631.95

EDN UEFQCS

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-115-125>

**Технология переработки свиного эффлюента с получением
нового продукта в виде структурирующей добавки асфальтобетона**

Олег Сергеевич Едисеев¹, Варвара Петровна Друзьянова²^{1,2} Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова

Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

¹ olegediseev@yandex.ru, ² druzvar@mail.ru

Аннотация. В статье представлена информация о способе интенсификации переработки свиного навоза на основе анаэробной биоэнергетической установки с получением нового продукта – структурирующей добавки для асфальтобетона. При переработке свежего навоза путем анаэробного сбраживания в настоящее время возможно получить два вида продукции – органическое удобрение и биогаз, в качестве альтернативного источника энергии. Предлагаемая нами технология позволяет получить четыре продукта – биогазовое топливо, эффлюент (обеззараженный и обезвреженный свиной навоз), жидкое удобрение с гуминовыми веществами и структурирующую добавку для асфальтобетона. Расширение получаемой продукции достигается при добавлении в цикл работы следующего перечня оборудования: сепаратора для разделения эффлюента на жидкую и твердую фракции, щелочного реактора и сепаратора разделения суспензии. Жидкая фракция эффлюента, обильно заселенная метаногенными бактериями, повторно отправляется для подготовки к сбраживанию свежего навоза, а твердая фракция используется в качестве сырья для получения органического удобрения и структурирующей добавки для асфальтобетона. Таким образом, новая технология будет способствовать максимальному снижению расходов, затрачиваемых на обеззараживание и обезвреживание свежего свиного навоза.

Ключевые слова: свиной навоз, обеззараживание, анаэробное сбраживание, эффлюент, биогаз, структурирующая добавка асфальтобетона

Для цитирования: Едисеев О. С., Друзьянова В. П. Технология переработки свиного эффлюента с получением нового продукта в виде структурирующей добавки асфальтобетона // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 115–125. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-115-125>.

Original article

**Technology for processing pig effluent to create
a new structuring additive for asphalt concrete**

Oleg S. Ediseev¹, Varvara P. Druzyanova²^{1,2} North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov

Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

¹ olegediseev@yandex.ru, ² druzvar@mail.ru

Abstract. This paper presents information on a methodology for intensifying the processing of pig manure based on an anaerobic bioenergy plant to create a new product – a structuring additive for asphalt concrete. When processing fresh manure by anaerobic digestion, it is currently possible to obtain two products – organic fertilizer and biogas, as an alternative energy source. The technology we offer allows us to obtain four products – biogas fuel, effluent (disinfected and neutralized pig manure), liquid fertilizer with humic substances and a structuring additive for asphalt concrete. The expansion of the resulting products is achieved by adding the following list of

equipment to the work cycle: a separator for dividing the effluent into liquid and solid fractions, an alkaline reactor and a suspension separation separator. The liquid fraction of the effluent, abundantly populated with methanogenic bacteria, is sent again to prepare for the fermentation of fresh manure, and the solid fraction is used as raw material for the production of organic fertilizer and structuring additive for asphalt concrete. Thus, the new technology will help to minimize the costs spent on the disinfection and neutralization of fresh pig manure.

Keywords: pig manure, disinfection, anaerobic digestion, effluent, biogas, structuring additive for asphalt concrete

For citation: Ediseev O. S., Druzyanova V. P. Technology for processing pig effluent to create a new structuring additive for asphalt concrete. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:115–125. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-115-125>.

Введение. В настоящее время острой проблемой в животноводстве является утилизация производимых животными отходов [1, 3, 5–8, 12]. Наиболее распространенным способом утилизации отходов животноводства выступает их применение в качестве органического удобрения.

Для того, чтобы использовать навоз в качестве органического удобрения его следует обезвреживать и обеззараживать. При этом различают физические, химические и биологические способы переработки навоза. Хотя физические (термическая обработка) и химические (обработка дезинфицирующими веществами) способы отличаются высокой скоростью, биологические предпочтительны из-за их экономической доступности и простоты применения. Наиболее перспективным является анаэробная утилизация в биоэнергетических установках (БЭУ). При этом вредные составляющие свиного навоза, в том числе его запах, преобразуются в полезные минеральные вещества (эффлюент) и биогаз, который выступает альтернативным источником топлива [2, 4, 8–10, 14, 15].

Известно, что на современном этапе из твердой фракции свиного навоза путем его компостирования производится только удобрение [11, 13]. Нами предлагается способ получения из свиного навоза нового продукта – структурирующей добавки для асфальтобетона, произведенной на основе анаэробной утилизации в накопительной биоэнергетической установке.

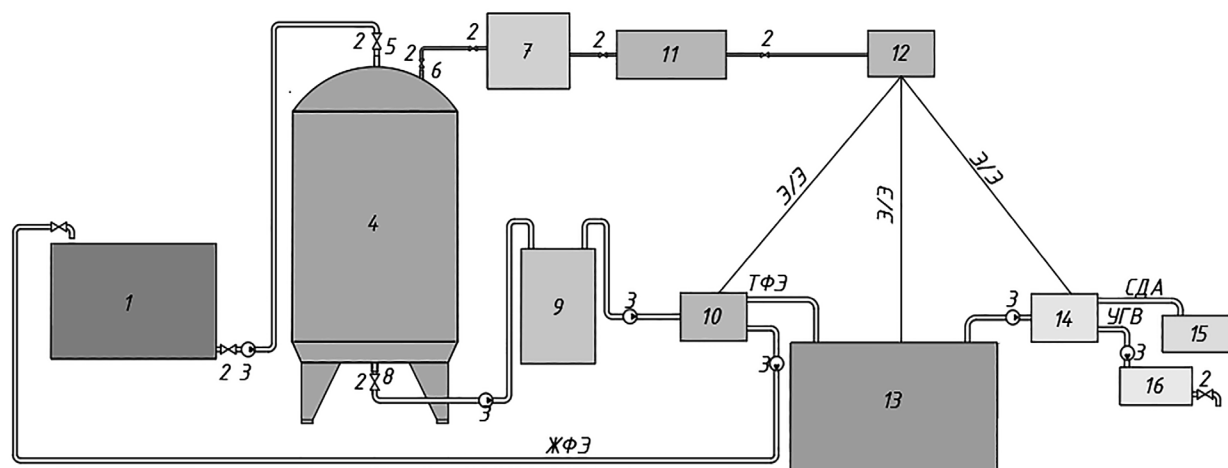
Конечная цель данного способа – максимальное обезвреживание свежего свиного навоза с получением эффлюента, биогаза, удобрения с гуминовыми веществами и структурирующей добавки асфальтобетона. Предлагаемая технологическая линия приведена на рисунке 1.

Свежий навоз загружается в емкость для приготовления субстрата. После подготовки субстрата до заданной влажности субстрат загружается в БЭУ, где подвергается анаэробному сбраживанию. По окончании анаэробной переработки получаем эффлюент и сопутствующий продукт в виде биогаза. Биогаз накапливается в газовых баллонах высокого давления, затем через редуктор подается в газогенератор, а альтернативное электричество используется для запуска шнекового навозного сепаратора. Эффлюент из биогазовой установки выгружается в емкость, откуда подается насосом в сепаратор, где разделяется на твердую и жидкую фракции.

Жидкая фракция, густо заселенная метаногенными бактериями, обратно направляется в начало процесса для разжижения свежего свиного навоза, что интенсифицирует процесс метангенерации. Твердая фракция эффлюента выгружается в щелочной реактор, где происходит процесс извлечения гуминовых веществ. После завершения процесса извлечения полученная суспензия из щелочного реактора подается в шнековый сепаратор и подвергается разделению на жидкую и твердую фракцию. Жидкая фракция с гуминовыми веществами используется в качестве органического удобрения после сжижения. Твердая фракция после извлечения растворимых веществ применяется в качестве структурирующей добавки для изготовления асфальтобетона.

В таблице 1 даны физические характеристики твердой фракции структурирующей добавки для асфальтобетона.

Методика исследований. Необходимо рассчитать стоимость получаемой структурирующей добавки асфальтобетона из свиного эффлюента, чтобы обосновать



1 – емкость для подготовки субстрата; 2 – шаровый кран; 3 – циркуляционный насос; 4 – накопительный метантенк; 5 – патрубок загрузки субстрата; 6 – газовый патрубок; 7 – газгольдер для накопления биогаза; 8 – патрубок выгрузки эффлюента; 9 – емкость для сбора эффлюента; 10 – сепаратор для разделения эффлюента на жидкую (ЖФЭ) и твердую (ТФЭ) фракции; 11 – компрессор для подачи биогаза; 12 – газовый генератор для генерации электричества (Э/Э); 13 – емкость для щелочной экстракции гуминовых веществ; 14 – сепаратор для разделения жидкой и твердой фракции после щелочной экстракции; 15 – емкость для накопления структурирующей добавки асфальтобетона (СДА); 16 – емкость для накопления жидкой фракции удобрения из гуминовых веществ (УГВ)

1 – substrate preparation tank; 2 – ball valve; 3 – circulation pump; 4 – storage methane tank; 5 – substrate loading nozzle; 6 – gas nozzle; 7 – gas tank for biogas accumulation; 8 – effluent discharge nozzle; 9 – effluent collection tank; 10 – separator for separating the effluent into liquid (ЖФЭ) and solid (ТФЭ) fractions; 11 – compressor for biogas supply; 12 – gas generator for electricity generation (Э/Э); 13 – tank for alkaline extraction of humic substances; 14 – separator for separation of liquid and solid fractions after alkaline extraction; 15 – container for the accumulation of a structuring additive of asphalt concrete (СДА); 16 – container for the accumulation of a liquid fraction of fertilizer from humic substances (УГВ)

Рисунок 1 – Схема технологической линии по производству эффлюента, биогаза, удобрения с гуминовыми веществами и структурирующей добавки асфальтобетона из свиного навоза
Figure 1 – Schematic diagram of the process line for the production of effluent, biogas, fertilizer with humic substances and structuring additive for asphalt concrete from pig manure

Таблица 1 – Характеристика твердой фракции структурирующей добавки асфальтобетона
Table 1 – Characteristics of the solid fraction of the structuring additive of asphalt concrete

Показатели	Требования государственных стандартов [16, 17]	Фактические значения
Влажность, % по массе	не более 8	6,71
Термостойкость при нагреве до температуры 220 °С по изменению массы при прогреве, % по массе	не более 7	5,89
Насыпная плотность, г/см ³	–	0,996
Истинная плотность, г/см ³	–	1,450

вать эффективность новой технологии. Основная и самая важная выгода, безусловно, заключается в обезвреживании свежего свиного навоза.

До настоящего времени оценить затраты на обеззараживание и обезвреживание навоза биогазовым сбраживанием можно было на основании двух получаемых продуктов (эффлюента (удобрения) и биогазового топлива). При использовании предлагаемой технологии производятся еще два дополнительных продукта – жидкое органическое удобрение с гуминовыми веществами и новый продукт в виде структурирующей добавки асфальтобетона из свиного эффлюента.

Совокупная целевая функция условной продуктивности (1) может быть определена как суммарная отдачи линии по выходу биогаза, эффлюента, удобрения с гуминовыми веществами и структурирующей добавки для асфальтобетона, полученной из свиного навоза:

$$Q = Q_э + Q_б + Q_у + Q_д, \quad (1)$$

$$Q_э = V_э \cdot C_э + \sum_{i=1}^n V_{эDi} \cdot C_э - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{эij} \cdot C_э - 3_0 + \sum_{i=1}^n 3_{Di} \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$Q_б = V_б \cdot C_б + \sum_{i=1}^n V_{бDi} \cdot C_б - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{бij} \cdot C_б - 3_0 + \sum_{i=1}^n 3_{Di} \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$Q_у = V_у \cdot C_у + \sum_{i=1}^n V_{уDi} \cdot C_у - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{уij} \cdot C_у - 3_0 + \sum_{i=1}^n 3_{Di} \rightarrow \max, \quad (4)$$

$$Q_д = V_э \cdot C_э + \sum_{i=1}^n V_{эDi} \cdot C_э - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{эij} \cdot C_э - 3_0 + \sum_{i=1}^n 3_{Di} + \\ + \left(V_{щ} \cdot C_{щ} + \sum_{i=1}^n V_{щDi} \cdot C_{щ} - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{щij} \cdot C_{щ} + \sum_{i=1}^n 3_{Di} \right) - 3_0 \rightarrow \max \quad (5)$$

где $Q_э$, $Q_б$, $Q_у$, $Q_д$ – искомые функции, отражающие условную результативность производственной линии; представляют совокупность условных продуктивностей по генерации соответственно эффлюента, биогаза, удобрения с гуминовыми кислотами и структурирующей добавки асфальтобетонной смеси, полученной из свиного эффлюента;

$V_э$ – количество эффлюента, производимого за одни сутки с одной тонны свиного навоза, м³;

$V_б$ – количество биогаза, производимого за одни сутки с одной тонны свиного навоза, м³;

$V_у$ – количество удобрения, производимого за одни сутки с одной тонны свиного навоза, м³;

$V_{щ}$ – объем рабочего щелочного раствора, м³/т·сут;

$C_э$ – стоимость одного кубического метра эффлюента, руб.;

$C_б$ – стоимость одного кубического метра биогаза, руб.;

$C_у$ – стоимость одного кубического метра удобрений, руб.;

$C_{щ}$ – стоимость одного кубического метра рабочего щелочного раствора, руб.;

$V_{эDi}$ – дополнительная продукция (эффлюент) при выполнении i -ой операции технологического процесса, м³/т·сут;

$V_{бDi}$ – дополнительная продукция биогаза при выполнении i -го отрезка (этапа) технологического процесса, м³/т·сут;

$V_{уDi}$ – дополнительная продукция (удобрения) при выполнении i -ой операции технологического процесса, м³/т·сут;

$V_{эij}$ – вероятный дефицит продукции (эффлюента) вследствие несоблюдения j -го контроля качества при выполнении i -ой технологической операции технологического процесса, м³/т·сут;

$V_{уij}$ – возможный недобор продукции (удобрения) вследствие несоблюдения j -го качественного контроля при выполнении i -ой технологической операции технологического процесса, м³/т·сут;

3_0 – затраты на получение продукции с единицы (биомассы) исходного материала, руб./т·сут;

3_{Di} – дополнительные затраты на i -ю операцию технологии при получении продукции, руб./т·сут.

Результаты исследований и их обсуждение. Важно отметить, что количество структурирующей добавки для асфальтобетона, полученной из свиного эффлюента, определяется не только объемом доступного эффлюента, но и запланированным объемом производства самой структурирующей добавки для асфальтобетона. Поскольку составляющие, входящие в уравнения (2)–(5), являются переменными величинами, то максимумы целевых функций ($Q_э$ и $Q_б$) будут при следующих условиях:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{эij} \rightarrow \min; \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{бij} \rightarrow \min, \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n V_{эDi} \rightarrow \max; \sum_{i=1}^n V_{бDi} \rightarrow \max, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n 3_{Di} \rightarrow \min \quad (8)$$

Задача разрешима, если при системном ограничении выполняются условия:

$$\sum_{i=1}^n V_{эди} > 0; \sum_{i=1}^n V_{эди} \cdot C_э - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{эиј} \cdot C_э \geq \sum_{i=1}^n Z_{эи} \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n V_{бди} > 0; \sum_{i=1}^n V_{бди} \cdot C_б - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m V_{биј} \cdot C_б \geq \sum_{i=1}^n Z_{би} \quad (10)$$

В Хатасском свиномкомплексе Якутска содержится 6 761 голов свиней и поросят. В среднем образуется 38 000 кг/сут навоза, что требует установки метантенка объемом 270 м³.

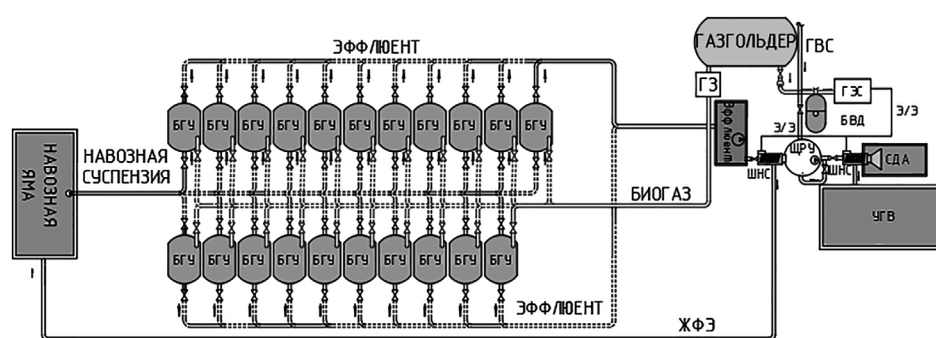
Технологический цикл работы предлагаемого способа утилизации рассчитаем на примере переработки навоза от хряков, приняв выход за 800 кг/сут. Для утилизации навоза нужно предусмотреть 21 метантенк с объемами 1,5 м³, которые рас-

положим горизонтально. Разделение на фракции осуществляется шнековым сепаратором Bauer 3.2-520 с производительностью до 1 000–1 200 м³/сут и мощностью электродвигателя 5,5 кВт (рис. 2).

Примерная площадь помещения под установку оборудования по предлагаемому способу утилизации свиного навоза составит 80 м² с высотой потолка 2,7 м.

Цикл работы технологической линии равен 20 дней. За этот период процесс метангенерации полностью осуществляется, поэтому экономический эффект следует рассчитать за 20 дней работы.

Стоимость производимого эфлюента (качественного органического удобрения) складывается из его производственной себестоимости и получаемого чистого дохода. В таблице 2 приведена



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

БЗУ	Анаэробная накопительная биоэнергетическая установка работающая в психрофильном режиме	УГВ	Раствор удобрения с гуминовыми веществами полученный после щелочной экстракции
БВД	Баллон газовый высокого давления	ШНС	Навозный шнековый сепаратор
ГВС	Горячая вода для щелочного реактора из центральной системы водоснабжения	ЩРУ	Установка для щелочной экстракции растворимых веществ из эфлюента
ГЗ	Гидроэлектростанция для биогаза	Э/Э	Электроэнергия из газовой электростанции
ГЭС	Газовая электростанция работающая на биотопливе	▶	Погружной насос для перекачивания сточных и дренажных вод с измельчителем мощностью 7500 Вт
ЖФЭ	Жидкая фракция эфлюента после разделения на шнековом сепараторе, богатая метаногенными бактериями	○	Погружной насос для перекачивания сточных и дренажных вод с измельчителем мощностью 250 Вт
СДА	Площадка для накопления структурирующей добавки для асфальтобетона после экстракции гуминовых веществ	▶	Компрессор для закачивания биогаза в баллон высокого давления
ТФЭ	Твёрдая фракция эфлюента после разделения на шнековом сепараторе, богатая гуминовыми веществами и лигноцеллюлозой		

Рисунок 2 – Технологическая линия по производству биогаза, эфлюента, структурирующей добавки для асфальтобетона и гуминового удобрения

Figure 2 – Process line for the production of biogas, effluent, structuring additive for asphalt concrete and humic fertilizer

Таблица 2 – Стоимость применяемого оборудования при производстве эффлюента
Table 2 – Cost of equipment used in the production of effluent

Наименование оборудования	Количество, шт.	Стоимость единицы оборудования, руб.	Сумма, руб.
Метантенк объемом 1,5 м ³	21	165 000	3 465 000
Трубопроводы для загрузки разжиженного навоза и выгрузки эффлюента	2	15 000	30 000
Насос для загрузки разжиженного навоза	1	11 000	11 000
Емкость для накопления эффлюента объемом 5 м ³	1	70 000	70 000
Итого			3 576 000

стоимость биогазовой линии для получения эффлюента.

Производственную себестоимость эффлюента находим по формуле (11):

$$C'_3 = C_3 + C_{тэ} + C_{зп} + C_{ам} + C_{ем} \quad (11)$$

где C_3 – стоимость затрачиваемой электроэнергии на перекачку навозного субстрата массой 16 800 кг за 20 дней, руб.;

$C_{тэ}$ – стоимость теплоэнергии, расходуемой на отопление помещения, где установлена технологическая линия, руб.;

$C_{зп}$ – заработная плата с учетом страховых взносов работникам, обслуживающим биогазовую установку за 20 дней работы, руб.;

$C_{ам}$ – амортизационные отчисления применяемого оборудования при сроке его полезного использования 3 года, руб.;

$C_{ем}$ – стоимость емкостей (5 л) для хранения производимого эффлюента, руб.

Чистый доход от производства эффлюента определяется как разница между его стоимостью (по ценам реализации) и производственной себестоимостью.

В таблице 3 представлены данные по расчету производственной себестоимости и чистого дохода при выпуске эффлюента. При этом за единицу продукции принято 5 л эффлюента.

Определим соответствующие показатели при выпуске новых продуктов – гуминового удобрения и структурирующей добавки асфальтобетона.

При утилизации 800 кг навозного субстрата выделяется 2,28 м³ биогаза, эквивалентного 8 кВт·час электроэнергии,

Таблица 3 – Стоимость, производственная себестоимость и чистый доход при производстве эффлюента

Table 3 – Cost, production cost and net income for effluent production

Показатели	В расчете на единицу, руб.	Количество единиц	Сумма, руб.
Электроэнергия	3,75	1,05 кВт·час	3,94
Тепловая энергия	186,17	80 м ²	9 929,27
Оплата труда с учетом страховых взносов	119 724,10	2 чел.	239 448,20
Амортизация оборудования	65 315,07	один цикл	65 315,07
Стоимость емкости (5 л)	50,00	3 360 ед.	168 000,00
Производственная себестоимость продукции, руб.	143,66	3 360 ед.	482 696,48
Стоимость продукции, руб.	280,00	3 360 ед.	940 800,00
Чистый доход, руб.	136,34	3 360 ед.	458 103,52

стоимостью 30 руб. (стоимость 1 кВт·час электроэнергии составляет 3,75 руб.). Таким образом, количества альтернативной электроэнергии достаточно для обеспечения бесперебойной работы сепаратора.

На электричестве работают: погружной насос ЗУБР НПФ-250 (0,25 кВт); сепаратор Bauer 3.2-520 с максимальной мощностью 5,5 кВт и шламовый насос НФН-300 (7,5 кВт).

Шламовый насос НФН-300 перекачивает 800 кг эффлюента за 3 мин, при этом расходуется 0,375 кВт электроэнергии (1,41 руб.). Сепаратор Bauer 3.2-520 разделяет 800 кг эффлюента за 3 мин, на что затрачивается 0,28 кВт электроэнергии (1,05 руб.).

После разделения твердая фракция с 80 % влажностью поступает в щелочной реактор для дальнейшей обработки. В щелочной реактор объемом 1,5 м³ подается горячая вода с температурой 60–75 °С. Затем добавляется 7,5 кг гидроксида калия. Щелочной раствор с твердой фракцией

эффлюента гомогенизируется в течение часа погружным насосом НПФ-250. Расход на электричество составит 0,94 руб.

Полученный экстракт гуминовых веществ со структурирующей добавкой подвергается разделению на фракции в сепараторе. Жидкая фракция (гуминовое удобрение) поступает в емкость для хранения, а твердая – представляет конечный продукт в виде структурирующей добавки для асфальтобетона.

В таблице 4 представлен перечень оборудования, применяемого в технологическом цикле при получении гуминовых веществ и структурирующей добавки для асфальтобетона.

Себестоимость гуминового удобрения рассчитывается по формуле (12):

$$C'_{\text{гу}} = C_{\text{э}} + C_{\text{тэ}} + C_{\text{эп}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{щр}} + C_{\text{ем}} \quad (12)$$

где $C_{\text{э}}$ – стоимость затрачиваемой традиционной электроэнергии на загрузку навозного субстрата в метантенк, руб.;

Таблица 4 – Стоимость применяемого оборудования при производстве удобрения с гуминовыми веществами и структурирующей добавки

Table 4 – Cost of equipment used in the production of fertilizers with humic substances and structuring additives

Наименование оборудования	Количество	Стоимость единицы, руб.	Сумма, руб.
Метантенк объемом 1,5 м ³	21,0	165 000	3 465 000
Трубопроводы для загрузки разжиженного навоза и выгрузки эффлюента	2,0	15 000	30 000
Насос для загрузки разжиженного навоза НПФ-250	1,0	11 000	11 000
Насос для перекачки эффлюента и экстракта	1,0	200 000	200 000
Трубопровод для перекачки эффлюента и экстракта	1,0	40 000	40 000
Шнековый сепаратор Bauer 3.2-520	1,0	2 700 000	2 700 000
Газгольдер	1,0	100 000	100 000
Метановый баллон объемом 100 л	1,0	41 000	41 000
Газовый генератор REG GG10000-S3 мощностью 9 кВт	1,0	300 000	300 000
Щелочной реактор объемом 1,5 м ³	1,0	200 000	200 000
Емкость для приема органического удобрения объемом 5 м ³	1,0	70 000	70 000
Емкость для приема структурирующей добавки асфальтобетона объемом 2 м ³	1,0	25 000	25 000
Итого			7 182 000

$C_{\text{тэ}}$ – стоимость теплоэнергии на отопление помещения, руб.;

$C_{\text{зп}}$ – заработная плата с учетом страховых взносов работникам, обслуживающим биогазовую установку, руб.;

$C_{\text{ам}}$ – амортизационные отчисления, при сроке полезного использования оборудования три года, руб.;

$C_{\text{щр}}$ – стоимость 15,8 м³ щелочного раствора с температурой 60–75 °С, руб.;

$C_{\text{ем}}$ – стоимость 3 360 шт. 5-литровых емкостей для хранения жидкого органического удобрения, руб.

Чистый доход от производства 5 л гумата калия определяется как разность между стоимостью удобрения (по ценам реализации) и его производственной себестоимостью (табл. 5).

Кроме гуминового удобрения, в ходе разделения на фракции мы получаем еще один продукт – структурирующую добавку для асфальтобетона.

Из 800 кг щелочного экстракта производится минимум 40 кг структурирующей добавки. Стоимость 1 кг такой добавки составляет 32 руб.

Таблица 5 – Стоимость, производственная себестоимость и чистый доход при производстве органического удобрения и структурирующей добавки

Table 5 – Cost, production cost and net income in the production of organic fertilizers and structuring additives

Показатели	В расчете на единицу, руб.	Количество единиц	Всего, руб.	
			органическое удобрение	структурирующая добавка для асфальтобетона
Электроэнергия	3,75	0,525 кВт·час	1,97	–
Тепловая энергия	186,17	80 м ²	9 929,27	–
Оплата труда с учетом страховых взносов	119 724,10	2 чел.	239 448,20	–
Амортизация оборудования	131 178,08	один цикл	131 178,08	–
Стоимость раствора для щелочной варки	3 153,5	15,8 м ³	50 457,30	–
Стоимость емкости (5 л)	50,00	3 360 шт.	168 000,00	–
Мешки для хранения и транспортировки структурирующей добавки	25	32 шт.	–	800,00
Производственные затраты, всего, руб.			593 884,1	800,00
Производственная себестоимость 5 л гуминового удобрения, руб.			176,75	–
Производственная себестоимость 1 кг структурирующей добавки, руб.			–	1,00
Стоимость 5 л гуминового удобрения, руб.			400,00	–
Стоимость 1 кг структурирующей добавки, руб.			–	32,00
Чистый доход по гуминовым удобрениям, руб.: от 5 л всего			223,25 750 120,00	– –
Чистый доход по структурирующей добавке: от 1 кг всего			– –	31,00 992,00

В таблице 5 представлены данные по расчету производственной себестоимости и чистого дохода при выпуске гуминового удобрения и структурирующей добавки для асфальтобетона.

Заключение. *Нами обоснована экономическая эффективность нового способа утилизации свиного навоза.*

При использовании традиционной технологии чистый доход при производстве эффлюента составляет 458,1 тыс. руб. или 136,34 руб. на единицу продукции.

Использование предлагаемой технологии позволит выпускать:

1) *гуминовые удобрения*, чистый доход от производства которых проектируется на уровне 750,1 тыс. руб.; в расчете на единицу продукции – 223,25 руб.;

2) *структурирующую добавку для асфальтобетона*, при производстве которой планируется получать 0,99 тыс. руб. чистого дохода; в расчете на 1 кг – 31 руб.

Совокупный чистый доход по предлагаемой технологии может составить 751,1 тыс. руб, что выше соответствующего показателя по традиционной технологии в 1,64 раза.

Таким образом, нами рекомендуется разработанный способ утилизации свиного навоза. Его применение обеспечит возможность производства, наряду с гуминовыми удобрениями, нового продукта – структурирующей добавки для асфальтобетона, произведенной на основе анаэробной утилизации в накопительной биоэнергетической установке.

Список источников

1. Алешкин В. Р., Рощин П. М. Механизация животноводства. М. : Колос, 1993. 319 с.
2. Баадер В., Доне Е., Брайндерфер М. Биогаз: теория и практика. М. : Колос, 1982. 148 с.
3. Кориат Г., Бельке М., Ведекинд П. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения. М. : Колос, 1978. 271 с.
4. Васильева А. С. Повышение эффективности анаэробной переработки навозных стоков свиноводческих предприятий : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Благовещенск, 2017. 22 с. EDN ZQIJUV.
5. Варламов Т. П. Механизация удаления и использования навоза. М. : Колос, 1969. 199 с.
6. Докучаев Н. А., Стома Л. А., Гогин В. М. Удаление и использование навоза. М. : Россельхозиздат, 1976. 53 с.
7. Долгов В. С. Гигиена уборки и утилизации навоза. М. : Россельхозиздат, 1984. 185 с.
8. Друзянова В. П. Энергосберегающая технология переработки навоза крупного рогатого скота : автореф. дис. ... докт. техн. наук. Улан-Удэ, 2015. 40 с.
9. Егорова Е. Н. Обоснование параметров метантенка малого объема с перемешивающим устройством для условий Республика Саха (Якутия) : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Благовещенск, 2017. 22 с. EDN ZQDXZH.
10. Ильин С. Н. Ресурсосберегающая технология переработки свиного навоза с получением биогаза : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Улан-Удэ, 2005. 23 с. EDN NINLER.
11. Кидин В. В. Органические удобрения. М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2012. 166 с. EDN QLDGJT.
12. Коваленко В. П. Механизация обработки бесподстилочного навоза. М. : Колос, 1984. 159 с.
13. Мерзлая Г. Е., Щеголева И. В., Леонов М. В. Использование свиного навоза для удобрения сельскохозяйственных культур // Перспективное свиноводство: теория и практика. 2012. № 5. С. 9. EDN PKPVZN.
14. Друзянова В. П., Савватеева И. А., Горохов К. К., Бондаренко А. М. Психрофильная накопительная биогазовая технология – основа для производства электрической энергии

гии на животноводческих фермах // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Т. 16. № 1. С. 111–118. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2022-16-1-111-118>. EDN YEYKYY.

15. Савватеева И. А. Разработка технологии и средств механизации для когенерации биогаза в условиях Республики Саха (Якутия) : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Якутск, 2021. 24 с.

16. ГОСТ Р 31015–2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия // Интернет и право. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/8440> (дата обращения: 10.02.2025).

17. ГОСТ Р 58406.1–2020. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия // Интернет и право. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/73631/> (дата обращения: 10.02.2025).

References

1. Aleshkin V. R., Roshchin P. M. *Mechanization of animal husbandry*, Moscow, Kolos, 1993, 319 p. (in Russ.).

2. Baader V., Done E., Brainderfer M. *Biogas: theory and practice*, Moscow, Kolos, 1982, 148 p. (in Russ.).

3. Coriat G., Belke M., Wederkind P. *Litter-free manure and its use for fertilizer*, Moscow, Kolos, 1978, 271 p. (in Russ.).

4. Vasileva A. S. Improving the efficiency of anaerobic processing of manure effluents from pig farms. *Extended abstract of candidate's thesis*. Blagoveshchensk, 2017, 22 p. EDN ZQIJUV (in Russ.).

5. Varlamov T. P. *Mechanization of manure removal and use*, Moscow, Kolos, 1969, 199 p. (in Russ.).

6. Dokuchaev N. A., Stoma L. A., Gogin V. M. *Removal and utilization of manure*, Moscow, Rossel'khozizdat, 1976, 53 p. (in Russ.).

7. Dolgov V. S. *Hygiene of manure removal and utilization*, Moscow, Rossel'khozizdat, 1984, 185 p. (in Russ.).

8. Druzyanova V. P. Energy-saving technology of cattle manure processing. *Extended abstract of doctor's thesis*. Ulan-Ude, 2015, 40 p. (in Russ.).

9. Egorova E. N. Justification of parameters of small volume digester with mixing device for conditions of the Republic of Sakha (Yakutia). *Extended abstract of candidate's thesis*. Blagoveshchensk, 2017, 22 p. EDN ZQDXZH (in Russ.).

10. Ilyin S. N. Resource-saving technology of pig manure processing with biogas production. *Extended abstract of candidate's thesis*. Ulan-Ude, 2005, 23 p. EDN NINLEP (in Russ.).

11. Kidin V. V. *Organic fertilizers*, Moscow, Rossiiskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet – MSKhA imeni K. A. Timiryazeva, 2012, 166 p. EDN QLDGJT (in Russ.).

12. Kovalenko V. P. *Mechanization of treatment of stubble-free manure*, Moscow, Kolos, 1984, 159 p. (in Russ.).

13. Merzlaya G. E., Shchegoleva I. V., Leonov M. V. Use of pig manure for crop fertilization. *Perspektivnoe svinovodstvo: teoriya i praktika*, 2012;5:9. EDN PKPVZN (in Russ.).

14. Druzyanova V. P., Savvateeva I. A., Gorokhov K. K., Bondarenko A. M. Psychrophilic storage biogas technology – the basis for the production of electrical energy on livestock farms. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2022;6;1:111–118. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2022-16-1-111-118>. EDN YEYKYY (in Russ.).

15. Savvateeva I. A. Development of technology and means of mechanization for biogas cogeneration in the conditions of the Republic of Sakha (Yakutia). *Extended abstract of candidate's thesis*. Yakutsk, 2021, 24 p. (in Russ.).

16. Asphalt concrete mixtures and stone mastic asphalt concrete. Technical conditions. (2003) *GOST R 31015-2002*. *Internet-law.ru/gosts* Retrieved from <https://internet-law.ru/gosts/gost/8440> (Accessed 10 February 2025) (in Russ.).

17. Public roads. Stone mastic asphalt concrete mixtures and asphalt concrete. Technical conditions. (2020) *GOST P 58406.1-2020*. *Internet-law.ru/gosts* Retrieved from <https://internet-law.ru/gosts/gost/73631/> (Accessed 10 February 2025) (in Russ.).

© Едисеев О. С., Друзьянова В. П., 2025

Статья поступила в редакцию 23.03.2025; одобрена после рецензирования 19.05.2025; принята к публикации 23.05.2025.

The article was submitted 23.03.2025; approved after reviewing 19.05.2025; accepted for publication 23.05.2025.

Информация об авторах

Едисеев Олег Сергеевич, старший преподаватель кафедры автомобильных дорог и аэродромов, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, ORCID: 0000-0003-1408-3508, Author ID: 1007736, olegediseev@yandex.ru;

Друзьянова Варвара Петровна, доктор технических наук, профессор, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, ORCID: 0000-0001-5409-3837, Author ID: 314980, druzvar@mail.ru

Information about the authors

Oleg S. Ediseev, Senior Lecturer at the Department of Highways and Airfields, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, ORCID: 0000-0003-1408-3508, Author ID: 1007736, olegediseev@yandex.ru;

Varvara P. Druzyanova, Doctor of Technical Sciences, Professor, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, ORCID: 0000-0001-5409-3837, Author ID: 314980, druzvar@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 631.3:621.182(571.56)

EDN VGXSVY

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-126-133>

**Математическая модель расчета расхода топлива при доставке
грубых кормов в арктические районы Республики Саха (Якутия)**

**Полина Александровна Татарникова¹, Варвара Петровна Друзьянова²,
Николай Вадимович Петров⁴**

^{1, 2, 3} Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

¹ polina_yakutsk@mail.ru, ² druzvar@mail.ru, ³ petnikvad1988@mail.ru

Аннотация. Разведение крупного рогатого скота в арктических районах Якутии является залогом продовольственной безопасности местного населения. Однако недостаточное обеспечение грубыми кормами выступает сдерживающим фактором для эффективного функционирования скотоводческих хозяйств и приводит к необходимости дополнительного завоза сена. С учетом территориальной удаленности районов республики и неудовлетворительного состояния транспортной инфраструктуры остро стоит вопрос планирования эксплуатационных затрат. Авторами рассмотрены особенности расчета расхода топлива грузовым автотранспортом при организации доставки сена в рулонах в арктические районы Якутии с учетом имеющихся дорожных условий и необходимости перевозки по автозимникам. Проведен анализ дорожной инфраструктуры по рассматриваемому маршруту, обоснован выбор методики расчета расхода топлива, наиболее приемлемой при организации перевозок в республике. Произведены соответствующие теоретические расчеты и предложена математическая модель с введением корректировочных коэффициентов, позволяющая адаптировать известный математический аппарат для условий региона.

Ключевые слова: грубые корма, скотоводческие хозяйства, доставка, арктические районы, расход топлива, дорожные условия, математическая модель

Для цитирования: Татарникова П. А., Друзьянова В. П., Петров Н. В. Математическая модель расчета расхода топлива при доставке грубых кормов в арктические районы Республики Саха (Якутия) // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 126–133. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-126-133>.

Original article

**Mathematical model for calculation fuel consumption during the delivery
of roughage to the Arctic regions of the Republic of Sakha (Yakutia)**

Polina A. Tatarnikova¹, Varvara P. Druzyanova², Nikolay V. Petrov³

^{1, 2, 3} North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov
Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

¹ polina_yakutsk@mail.ru, ² druzvar@mail.ru, ³ petnikvad1988@mail.ru

Abstract. Raising cattle in the Arctic regions of Yakutia is a key factor for ensuring food security for the local population. At the same time, insufficient provision of roughage is a limiting factor for the effective operation of livestock farms and leads to the need for additional hay imports. Considering the territorial remoteness of the districts of the republic and the poor condition of the transportation infrastructure, the issue of planning operational costs is urgent. The authors examined the features of calculating fuel consumption by trucks when organizing the delivery of rolled hay to the Arctic regions of Yakutia, taking into account the existing road conditions and the necessity of transportation via winter roads. The analysis of the road infrastructure along the

considered route was conducted, the justification was provided for selecting a fuel consumption calculation methodology, that was most acceptable for organization transportation in the republic. Theoretical calculations were performed; the mathematical model was proposed with the introduction of correction coefficients, allowing adaptation of the known mathematical framework to regional conditions.

Keywords: roughage, cattle breeding farms, delivery, Arctic regions, fuel consumption, road conditions, mathematical model

For citation: Tatarnikova P. A., Druzyanova V. P., Petrov N. V. Mathematical model for calculation fuel consumption during the delivery of roughage to the Arctic regions of the Republic of Sakha (Yakutia). *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:126–133. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-126-133>.

Введение. Территориальная удаленность арктических районов Якутии, отсутствие круглогодичной транспортной инфраструктуры ставят в приоритет повышение уровня продовольственной безопасности и самообеспеченности [1]. Среди арктических районов Якутии наибольший вклад в сельскохозяйственную отрасль вносит Верхоянский район, производя 29,3 % валовой продукции сельского хозяйства.

При этом одной из главных проблем является обеспечение кормами сельскохозяйственных животных [2]. Условия заготовки сена в арктических районах на порядок сложнее, чем в центральных районах Якутии. В Верхоянском районе в качестве сенокосных угодий и пастбищ на сегодня используется всего около 40 % сельскохозяйственных угодий [3], что обуславливает необходимость дополнительного завоза грубых кормов.

Состояние транспортной инфраструктуры Верхоянского района характеризуется неразвитостью, изолированностью от федеральных и республиканских транспортных сетей, слабой внутренней доступностью с сильной зависимостью от сезонного фактора. Доставка грузов наземным транспортом возможна лишь в период действия сезонных автомобильных дорог – автозимников [4].

Также сложности эксплуатации автотранспортных средств в условиях Севера обусловлены пролеганием маршрутов перевозки по пересеченной местности: через холмистые участки, косогоры и т. д. Необходимо учесть, что на таких участках транспортное средство работает в интенсивном режиме, а также требуется высокий уровень квалификации водителя для поддержания оптимальной скорости автомобиля и безопасного режима движения.

Экстремальный климат и неудовлетворительные дорожные условия Якутии существенно увеличивают базовые нормы расхода топлива автотранспортных средств, в связи с чем требуется разработка математической модели, позволяющей адаптировать существующий математический аппарат для условий региона.

Целью исследований явилась разработка и апробация математической модели расчета расхода топлива при доставке грубых кормов в арктические районы Республики Саха (Якутия).

Технология доставки сена рассмотрена на примере маршрута с. Борогонцы (Усть-Алданский район) – п. Батагай (Верхоянский район), общей протяженностью 1 274,8 км (табл. 1).

Материалы и методы исследований. Действующие методические рекомендации «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте», утвержденные распоряжением Минтранса России от 14.03.2008 № АМ-23-р не в полной мере отражают фактический расход. Это, в свою очередь, может привести к формированию некорректных планов в расчете эксплуатационных расходов при организации перевозок.

Для получения максимально точных результатов расчета применяются вычислительные методы, учитывающие параметры, влияющие на расход топлива автотранспортными средствами: скорость подвижного состава, вес груза, мощность двигателя и др. [5–8].

Определение расчетного расхода дизельного топлива грузового автомобиля при выполнении перевозок в условиях Якутии считаем целесообразным выполнять по методике Н. Я. Говорущенко, описанной в работе [9], в которой учитывает-

Таблица 1 – Характеристика маршрута с. Борогонцы (Усть-Алданский район) – п. Батагай (Верхоянский район)**Table 1 – Route characteristics from Borogontsy village (Ust-Aldan district) to Batagay settlement (Verkhoyansky district)**

Участок маршрута	Характеристика	Протяженность участка, км
Борогонцы – Тюнгиюлю	дорога с твердым покрытием	91,2
Тюнгиюлю – 533 км ФАД Колыма	федеральная автомобильная дорога	431,0
533 км ФАД Колыма – Тополиное	дорога с твердым покрытием	190,0
Тополиное – Токума	автозимник	478,5
Токума – Батагай	дорога с твердым покрытием	83,6
Итого		1 274,8

ся коэффициент суммарного дорожного сопротивления движению автомобиля, зависящий от дорожных условий. Согласно данной методике, удельный расход топлива определяется выражением (1):

$$q = \frac{1}{\eta_i} \cdot [A \cdot i_k + B \cdot i_k^2 \cdot V_a + C \cdot (G_a \cdot \psi + 0,077 \cdot kF \cdot V_a^2)] \quad (1)$$

где η_i – индикаторный коэффициент полезного действия;

A, B, C – постоянные коэффициенты для данной марки автомобиля;

i_k – средневзвешенное передаточное число коробки перемены передач;

V_a – скорость движения автомобиля, км/час;

G_a – вес автомобиля, Н;

ψ – коэффициент суммарного дорожного сопротивления движению автомобиля;

kF – фактор обтекаемости, Нс²/м².

В расчетах задан подвижной состав, широко применяемый для эксплуатации в условиях Республики Саха (Якутия) – бортовой грузовой автомобиль КамАЗ 43118, работающий на дизельном топливе, с прицепом НЕФАЗ [10].

При перевозке, учитывая габаритные размеры кузова автомобиля (с условием снятия бортов), рулоны сена размером 1,45×1,2 м укладывают в два яруса: нижний ярус в два ряда по 5 рулонов, верхний ярус в два ряда по 4 рулона.

При планировании маршрутов перевозки автомобильным транспортом на дальние расстояния одним из ключевых аспектов является анализ расположения автозаправочных станций. По рассматриваемому маршруту наблюдается отсут-

ствие АЗС с дизельным топливом между п. Батагай и с. Теплый ключ (562,6 км), что создает необходимость максимально точного расчета расхода топлива и подбора подвижного состава с оптимальным объемом топливного бака.

Результаты исследований и их обсуждение. Произведены расчеты расхода топлива при движении автомобиля на разных нагрузках (при этом частичная загрузка соответствует использованию грузоподъемности при перевозке партии рулонов сена). Результаты расчетов сведены в таблицы 2 и 3 (для движения по асфальту и по автозимнику соответственно).

Графическое отображение полученных результатов представлено на рисунках 1, 2.

Необходимо отметить, что коэффициент суммарного дорожного сопротивления движению автомобиля, принимаемый для конкретных дорожных условий по справочным данным, является величиной весьма приблизительной. При этом существует большая вероятность несоответствия расчетных данных с фактическими показателями, что может привести к возникновению дефицита топлива при планировании рейса, либо к формированию его излишнего запаса.

Учитывая территориальную удаленность арктических районов от центральной Якутии, важно принять во внимание требования к соблюдению режима труда и отдыха водителя, установленные приказом Минтранса от 16.10.2020 № 424 «Об утверждении Особенности режима рабочего времени и времени отдыха, условий труда водителей автомобилей».

Таблица 2 – Определение расхода топлива для порожнего, частично груженого и груженого автомобиля по асфальту

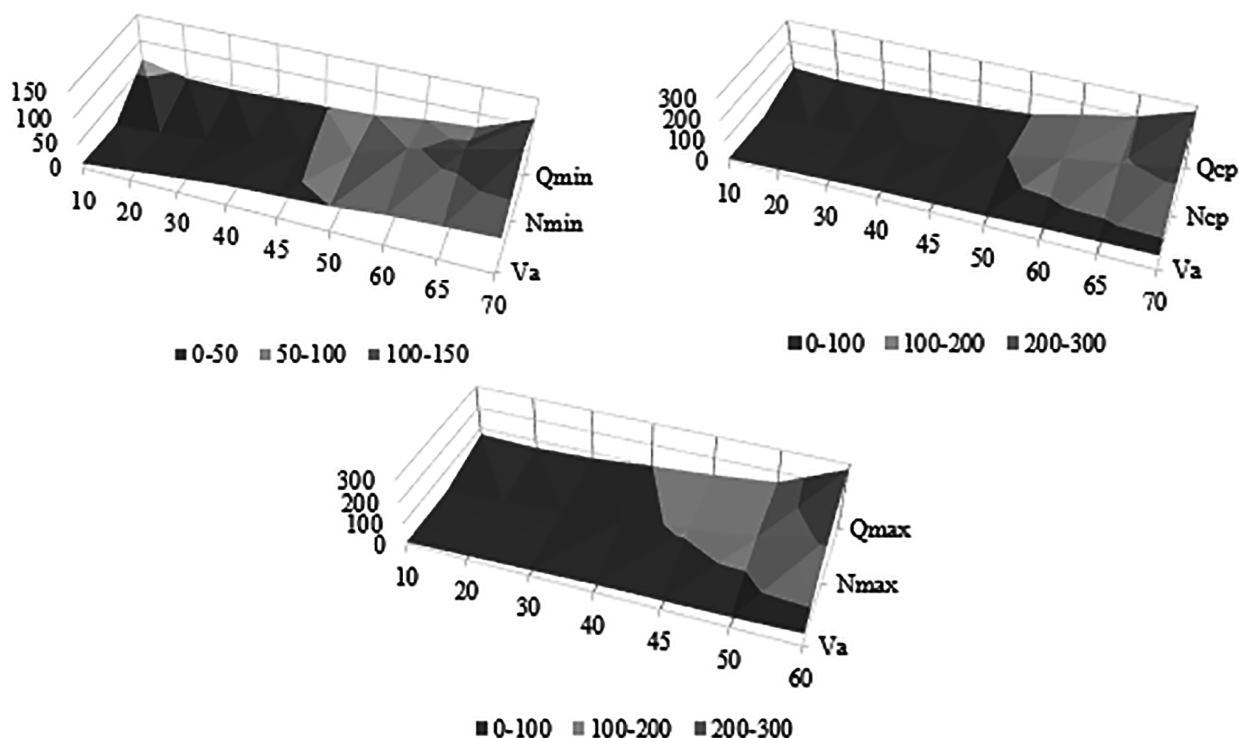
Table 2 – Determination of fuel consumption for an empty vehicle, a partially loaded vehicle, and a fully loaded vehicle on asphalt

Показатели	Скорость автомобиля, км/час							
	10	20	30	35	45	50	60	65
<i>Для порожнего автомобиля</i>								
Использование мощности двигателя, %	4,10	10,29	20,62	27,99	48,45	62,06	97,31	119,49
Индикаторный КПД	0,44	0,45	0,47	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Расход топлива, л	63,59	44,00	41,94	42,11	50,18	55,60	68,86	76,64
<i>Для частично груженого автомобиля</i>								
Использование мощности двигателя, %	7,14	17,64	34,89	47,09	80,75	103,05	160,71	196,91
Индикаторный КПД	0,50	0,50	0,50	0,51	0,46	0,43	0,34	0,28
Расход топлива, л	67,41	53,85	57,93	61,86	84,66	102,29	161,35	214,86
<i>Для груженого автомобиля</i>								
Использование мощности двигателя, %	10,23	24,87	48,32	64,72	109,64	139,26	215,56	263,35
Индикаторный КПД	0,56	0,54	0,51	0,48	0,42	0,37	0,26	0,18
Расход топлива, л	70,28	62,69	74,74	86,33	125,18	157,52	287,30	446,24
Номер передачи	4	6	7	7	8	8	8	8

Таблица 3 – Определение расхода топлива для порожнего, частично груженого и груженого автомобиля по автозимнику

Table 3 – Determination of fuel consumption for an empty vehicle, a partially loaded vehicle, and a fully loaded vehicle on winter roads

Показатели	Скорость автомобиля, км/час						
	10	20	30	35	40	45	50
Для порожнего автомобиля							
Использование мощности двигателя	7,89	19,28	37,66	50,56	66,53	85,99	109,38
Индикаторный КПД	0,45	0,47	0,51	0,54	0,57	0,61	0,66
Расход топлива, л	85,00	67,63	68,81	71,51	74,69	77,92	80,90
Для частично груженого автомобиля							
Использование мощности двигателя	14,15	34,31	66,46	88,90	116,60	150,30	190,74
Индикаторный КПД	0,46	0,50	0,47	0,45	0,41	0,35	0,29
Расход топлива, л	81,13	84,49	112,54	132,86	166,69	216,90	297,57
Для груженого автомобиля							
Использование мощности двигателя	20,39	49,12	94,52	126,07	164,93	212,12	268,69
Индикаторный КПД	0,47	0,50	0,44	0,39	0,33	0,26	0,18
Расход топлива, л	114,46	118,24	167,65	213,08	284,95	412,07	692,85
Номер передачи	3	5	6	7	7	7	7



Q – расход топлива; N – использование мощности двигателя; V – скорость движения
 Q – fuel consumption; N – engine power usage; V – driving speed
 а) порожний автомобиль; б) частично груженный автомобиль; в) груженный автомобиль
 а) empty vehicle; б) partially loaded vehicle; в) fully loaded vehicle

Рисунок 1 – Модель зависимости расхода топлива автомобиля при его движении по асфальту
Figure 1 – A model of the dependence of a vehicle's fuel consumption when driving on asphalt

В этой связи для расчета расхода топлива, максимально приближенного к реальным значениям, необходимо провести ряд экспериментальных исследований в целях обоснования и ввода корректирующих коэффициентов для условий Якутии.

В нашем случае модель расчета расхода топлива для подбора подвижного состава при организации перевозки грубых кормов в арктические районы Якутии примет вид выражений (2) и (3):

$$Q_{\text{марш}} = f(N_i; V_a; kF; \psi; L_j; t_{\text{сто}}) \rightarrow \text{opt}, \quad (2)$$

$$\left. \begin{array}{l} kF \rightarrow \min, \\ L_j \rightarrow \min, \\ t_{\text{сто}} \rightarrow \min, \\ N_i \rightarrow \text{opt}, \\ V_a \rightarrow \text{opt}, \\ \psi \rightarrow \text{факт} \end{array} \right\} \quad (3)$$

где N_i – использование мощности двигателя, %;

L_j – протяженность i -го участка пути, км;

$t_{\text{сто}}$ – время стоянки для проведения необходимых профилактических работ, час.

При этом оптимальные значения N_i и V_a зависят от конкретных условий перевозки и подвижного состава, а фактическое значение ψ – от типа дорожного покрытия и его состояния.

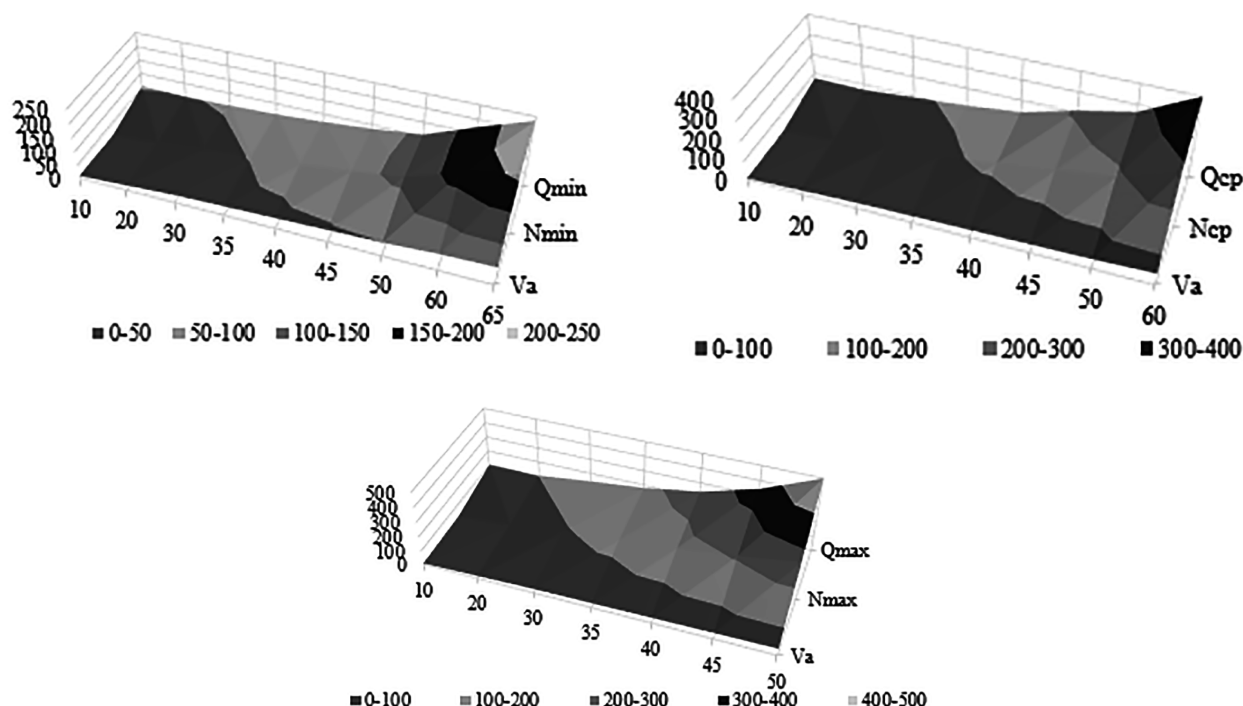
Тогда расчет расхода топлива будет определен по выражению (4):

$$Q_{\text{марш}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{k_p Q_i L_j}{100} \right) + k_{\text{сто}} Q_{\text{сто}} t_{\text{сто}} \quad (4)$$

где k_p – региональный корректирующий коэффициент при движении на i -м участке пути;

Q_i – расчетный расход топлива на i -м участке пути, л/100 км;

$k_{\text{сто}}$ – региональный корректирующий коэффициент в период стоянки для проведения профилактических работ;



Q – расход топлива; N – использование мощности двигателя; V – скорость движения

Q – fuel consumption; N – engine power usage; V – driving speed

а) порожний автомобиль; б) частично груженный автомобиль; в) груженный автомобиль

a) empty vehicle; б) partially loaded vehicle; в) fully loaded vehicle

Рисунок 2 – Модель зависимости расхода топлива автомобиля при его движении по автозимнику

Figure 2 – A model of the dependence of a vehicle's fuel consumption when driving on winter roads

$Q_{\text{сто}}$ – расчетный расход топлива в период стоянки для проведения профилактических работ (соответствует 0,8 л/ч).

Необходимый объем топливного бака V_6 в таком случае можно определить по выражению (5):

$$V_6 > \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{k_p Q_i L_{3j}}{100} \right) + k_{\text{сто}} Q_{\text{сто}} t_{\text{сто}} \right) \quad (5)$$

где L_{3j} – максимальное расстояние между автозаправочными станциями, км.

Заключение. Сохранение поголовья, повышение продуктивности крупного рогатого скота и обеспечение продовольственной безопасности арктических

районов Якутии можно достичь путем оптимизации процессов доставки дополнительного объема грубых кормов.

Планирование транспортных затрат требует модернизации методики расчета расхода топлива, учитывающей такие параметры как скорость подвижного состава, фактическая мощность двигателя, дорожные условия.

В этой связи получение максимально достоверных значений расхода топлива при использовании формулы (1) требует уточнения, которое состоит в том, что при доставке грубых кормов в арктические районы республики необходимо вводить корректировочные коэффициенты для каждого участка пути, соответствующего маршруту перевозки.

Список источников

1. Татарникова П. А., Друзянова В. П., Харлампьев А. А. Актуальные проблемы организации зимовки крупного рогатого скота и лошадей на примере Республики Саха (Якутия) // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК : материалы X нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Молодежный : Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского, 2022. С. 192–197. EDN XUERFQ.
2. Cordeiro M. R. C., Mengistu G. F., Pogue S. J., Legesse G., Gunte K. E. [et al.]. Assessing feed security for beef production within livestock-intensive regions // *Agricultural Systems*. 2022. Vol. 196. P. 103348. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103348>.
3. Иванова П. Ю., Неустроев С. А. Анализ состояния, проблем и тенденций продовольственной безопасности в арктических районах Республики Саха (Якутия) // *Арктика 2035: актуальные вопросы, проблемы, решения*. 2022. № 4 (12). С. 16–30. EDN JTPLTW.
4. Полешкина И. О. Транспортная система Республики Саха (Якутия): анализ состояния и проблемы развития // *Мир транспорта*. 2021. Т. 19. № 4 (95). С. 82–91. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-4-9>. EDN JFXBFZ.
5. Максимов А. В., Шогенов Ю. Х., Зиганшин Б. Г., Зими́на Л. А., Гайфуллин И. Х. Влияние способа регулирования мощности дизельного двигателя на путевой расход топлива // *Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии*. 2024. № 2 (50). С. 62–70. EDN FYZCLO.
6. Лимарев Д. В., Сидак В. Д., Мамонова Л. И. Расчет расхода топлива на грузовом автомобиле // *Тенденции развития науки и образования*. 2022. № 82–3. С. 65–67. <https://doi.org/10.18411/trnio-02-2022-101>. EDN NKNFSM.
7. Чепурков М. И., Кричевец Е. А. Оценка возможности сокращения затрат транспортных организаций путем оптимизации скоростного режима // *Вектор экономики*. 2024. № 4 (94). EDN KUKLJD.
8. Perrotta F., Trupia L., Parry T., Neves L. C. Route level analysis of road pavement surface condition and truck fleet fuel consumption // *Pavement Life-Cycle Assessment Symposium*. Champaign, Illinois, 2017.
9. Кривошапов С. И. Пути совершенствования методики нормирования расхода топлива на автомобильном транспорте // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*. 2014. Т. 2. № 3–1 (8–1). С. 277–281. EDN QLNTJH.
10. Зудов Г. Ю., Буслаева И. И., Лебедев М. П., Левин А. И. Работоспособность автомобиля КамАЗ в условиях криолитозоны // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. 2018. Т. 22. № 10 (141). С. 166–177. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2018-10-166-177>. EDN YMZRUT.

References

1. Tatarnikova P. A., Druzyanova V. P., Kharlampyev A. A. Actual problems of organization of wintering of cattle and horses on the example of the Republic of Sakha (Yakutia). Proceedings from Actual issues of engineering, technical and technological support of agro-industrial complex: *X Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem*. (PP. 192–197), Molodezhnyi, Irkutskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni A. A. Ezhevskogo, 2022, EDN XUERFQ (in Russ.).
2. Cordeiro M. R. C., Mengistu G. F., Pogue S. J., Legesse G., Gunte K. E. [et al.]. Assessing feed security for beef production within livestock-intensive regions. *Agricultural Systems*, 2022; 196:103348. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103348>.
3. Ivanova P. Yu., Neustroev S. A. Analysis of the state, problems and trends of food security in the arctic municipalities of the Republic of Sakha (Yakutia). *Arktika 2035: aktual'nye voprosy, problemy, resheniya*, 2022;4(12):16–30. EDN JTPLTW (in Russ.).
4. Poleshkina I. O. Transport system of the Republic of Sakha (Yakutia): analysis of the state and development challenges. *Mir transporta*, 2021;19;4(95):82–91. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-4-9>. EDN JFXBFZ (in Russ.).
5. Maksimov A. V., Shogenov Yu. Kh., Ziganshin B. G., Zimina L. A. Gayfullin I. Kh. Effect of the method for regulating diesel engine power on the fuel consumption rate. *Vestnik Kurganskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2024;2(50):62–70. EDN FYZCLO (in Russ.).

6. Limarev D. V., Sidak V. D., Mamonova L. I. Calculation of fuel consumption by truck. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*, 2022;82–3:65–67. <https://doi.org/10.18411/trnio-02-2022-101>. EDN NKNFSM (in Russ.).
7. Chepurkov M. I., Krichevets E. A. Assessment of the possibility to reduce costs of transport organizations by optimizing the speed mode. *Vektor ekonomiki*, 2024;4(94). EDN KUKLJD (in Russ.).
8. Perrotta F., Trupia L., Parry T., Neves L. C. Route level analysis of road pavement surface condition and truck fleet fuel consumption. *Proceedings from Pavement Life-Cycle Assessment Symposium*. Champaign, Illinois, 2017.
9. Krivoshepov S. I. Ways to improve the methodology of fuel consumption rationing on motor transport. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika*, 2014;2;3–1(8–1):277–281. EDN QLNTJH (in Russ.).
10. Zudov G. Yu., Buslaeva I. I., Lebedev M. P., Levin A. I. KamAZ performance in conditions of permafrost region. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2018;22;10(141):166–177. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2018-10-166-177>. EDN YMZRUT (in Russ.).

© Татарникова П. А., Друзьянова В. П., Петров Н. В., 2025

Статья поступила в редакцию 24.04.2025; одобрена после рецензирования 28.05.2025; принята к публикации 30.05.2025.

The article was submitted 24.04.2025; approved after reviewing 28.05.2025; accepted for publication 30.05.2025.

Информация об авторах

Татарникова Полина Александровна, старший преподаватель кафедры эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, ORCID: 0000-0003-3616-3189, Author ID: 1125464, polina_yakutsk@mail.ru;

Друзьянова Варвара Петровна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой машиноведения, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, ORCID: 0000-0001-5409-3837, Author ID: 314980, druzvar@mail.ru;

Петров Николай Вадимович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, ORCID: 0000-0002-8927-7828, Author ID: 904371, petnikvad1988@mail.ru

Information about the authors

Polina A. Tatarnikova, Senior Lecturer at the Department of Operation of Motor Transport and Auto Repair, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, ORCID: 0000-0003-3616-3189, Author ID: 1125464, polina_yakutsk@mail.ru;

Varvara P. Druzyanova, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Mechanical Engineering, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, ORCID: 0000-0001-5409-3837, Author ID: 314980, druzvar@mail.ru;

Nikolay V. Petrov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Operation of Motor Transport and Auto Repair, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, ORCID: 0000-0002-8927-7828, Author ID: 904371, petnikvad1988@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 628.3

EDN WKFACA

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-134-141>

Лабораторная установка для проведения экспериментов по анаэробному метановому сбраживанию

Михаил Пурбаевич Таханов¹, Николай Вадимович Петров²^{1,2} Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова

Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

¹ takhanov93@mail.ru, ² petnikovad1988@mail.ru

Аннотация. В статье представлена экспериментальная установка для обработки и увеличения результативности анаэробной обработки жидких навозных отходов на крупных свиноводческих комплексах, предприятиях и фермах, где применяются гидравлические системы удаления навоза. Такие системы предполагают гидродинамические воздействия на навозные стоки путем разделения их на твердую и жидкую фракции с помощью специальных устройств, таких как шнековый разделитель или сепараторы для обработки жидких навозных стоков. Для оптимизации анаэробного сбраживания предложено конструктивное исполнение горизонтального метантенка, оснащенного дополнительным механизмом. Данный механизм обеспечивает гидродинамические колебания жидкости за счет изменения скорости сбраживаемого субстрата в рабочем объеме емкости метантенка, колебания уровня свободной поверхности и изменения гидростатического давления в газовом объеме реактора, что способствует улучшению анаэробной переработки сбраживаемого субстрата в результате более эффективного удаления осадка, предотвращения засорения, обрастания и блокировки рабочей зоны метантенка. С целью определения ключевых факторов и параметров, влияющих на эффективность анаэробного сбраживания, проведено теоретическое гидродинамическое исследование предложенной конструкции модернизированного метантенка. Показаны результаты проведенных экспериментальных исследований по таким показателям, как выход биогаза с единицы загруженного абсолютно сухого вещества, степень разложения абсолютно сухого вещества, зольность шлама, энерговыделение и энергоотдача, которые демонстрируют полноту и достаточность процесса анаэробного сбраживания в модернизированном метантенке с дополнительным механизмом для создания гидродинамических возмущений при увеличении времени выдерживания сбраживаемого субстрата (до 4 суток) непосредственно в реакторе.

Ключевые слова: анаэробное сбраживание, биогаз, метантенк, гидродинамические возмущения

Для цитирования: Таханов М. П., Петров Н. В. Лабораторная установка для проведения экспериментов по анаэробному метановому сбраживанию // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 134–141. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-134-141>.

Original article

Laboratory setup for conducting experiments on anaerobic methane fermentation

Mikhail P. Takhanov¹, Nikolay V. Petrov²^{1,2} North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov

Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

¹ takhanov93@mail.ru, ² petnikovad1988@mail.ru

Abstract. This article presents an experimental setup for processing and increasing the efficiency of anaerobic treatment of liquid manure waste at large pig farming complexes, enterprises and farms where hydraulic manure removal systems are used. Such systems involve hydrodynamic effects on manure effluents by separating them into solid and liquid fractions using special devices such as a screw separator or separators for the treatment of liquid manure effluents. To optimize anaerobic fermentation, a design of a horizontal methane tank equipped with an additional mechanism is proposed. This mechanism provides hydrodynamic oscillations of the liquid by varying the velocity of the fermentable substrate in the working volume of the methane tank, fluctuations in the free surface level and changes in the hydrostatic pressure in the gas volume of the reactor. These effects promote improved anaerobic processing of the substrate by enabling more effective removal of sediment, preventing clogging, biofouling, and blockage of the reactor's working zone. To identify key factors and parameters influencing the efficiency of anaerobic fermentation, a theoretical hydrodynamic study of the proposed upgraded methane tank design was conducted. Additionally, results from experimental research are presented, including indicators such as biogas yield per unit of loaded absolutely dry matter, degree of absolutely dry matter decomposition, ash content in sludge, as well as energy release and energy efficiency. These results demonstrate the completeness and adequacy of the anaerobic fermentation process in the upgraded methane tank with an additional mechanism for creating hydrodynamic disturbances during increased retention time of the substrate (up to 4 days), directly within the reactor.

Keywords: anaerobic fermentation, biogas, methane tank, hydrodynamic disturbances

For citation: Takhanov M. P., Petrov N. V. Laboratory setup for conducting experiments on anaerobic methane fermentation. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:134–141. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-134-141>.

Введение. Известно, что при использовании гидравлической системы удаления навоза на свиноводческих комплексах с бесподстильным содержанием животных образуются огромные объемы жидких навозных стоков влажностью до 95–98 % с низким содержанием органического вещества [1–3].

Для утилизации жидких навозных стоков, являющихся источником вредных выбросов в окружающую среду и загрязняющих грунтовые воды, их подвергают анаэробному сбраживанию в метантенках с фиксированной биомассой (анаэробного фильтра) с последующим получением газообразного топлива, а также обеззараженного от патогенных бактерий и семян сорных растений экологически чистого органического удобрения.

Материалы и методы исследований. Для исследования циклических возмущений, связанных с гидродинамикой, выявления конструктивных и технологических факторов в метантенке, создающем такие гидровозмущения, как изменение скорости перемещения и колебания уровня поверхности обрабатываемого субстрата, а также изменения гидростатического давления [4], была разработана и построена моделирующая лабораторная установка (рис. 1).

Основываясь на изучении конструктивных особенностей и материалов для создания иммобилизаторов, мы предложили их загрузку в форме кассет. Данные кассеты сконструированы из сетки, скрученной в форму цилиндров. Внутри этих цилиндров установлены сетчатые экраны с диаметром проволоки 0,2 мм, размещенные под прямым углом к продольной оси, формируя сетчатую фильтрующую систему (рис. 2). Данная конструкция предотвращает возникновение предпочтительных каналов для течения стока.

В качестве материала носителя выбран полипропилен. Представленные иммобилизаторы этого типа использовались в метантенках на производственной установке (рис. 2) [5].

В рассматриваемой конструкции метантенка опытной установки нужно гидродинамическое возбуждение потока, подлежащего сбраживанию, достигается регулировкой скорости движения подложки, изменением высоты открытой поверхности и адаптацией гидростатического давления [5].

На формирование гидродинамических возмущений в метантенке воздействует множество факторов, среди которых можно выделить как технологические (выход биогаза и подача субстрата), так и

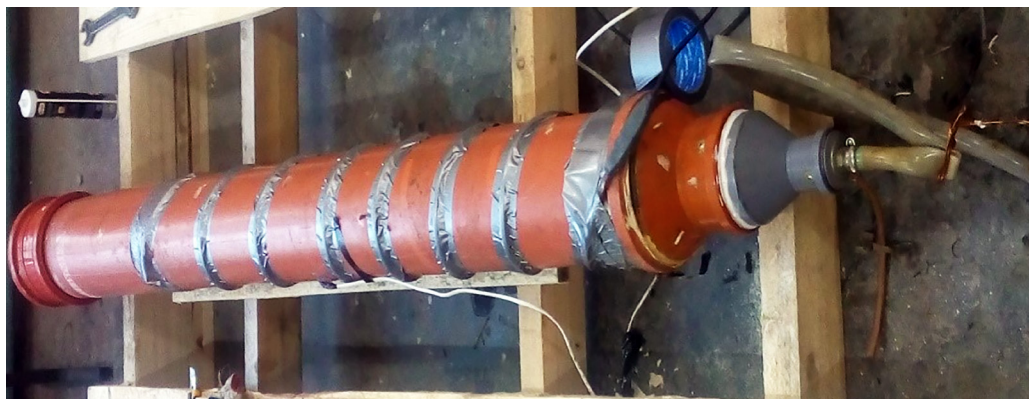
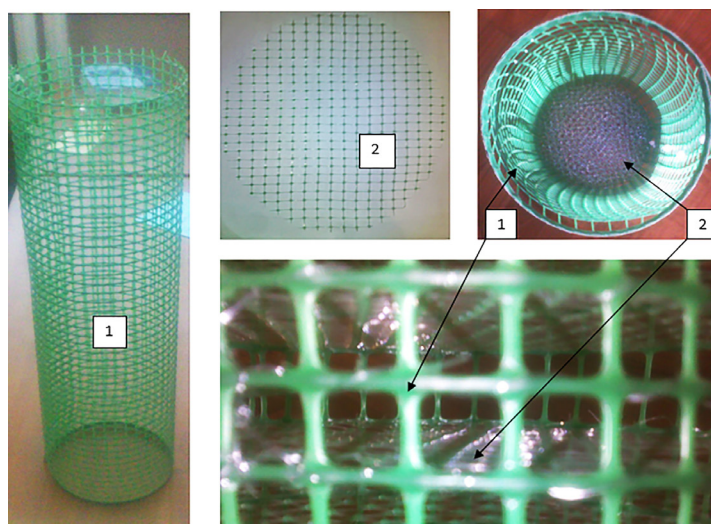


Рисунок 1 – Общий вид лабораторного цилиндрического метантенка
Figure 1 – General view of a laboratory cylindrical methane tank



1 – сетчатая труба; 2 – продольная сетка
1 – mesh tube; 2 – longitudinal mesh

Рисунок 2 – Кассетный иммобилизатор
Figure 2 – Cassette immobilizer

конструктивные (диаметр метантенка, высота бака сифона и диаметр сифона) [5].

Результаты исследований и их обсуждение. На основании завершенных теоретических изысканий и оценки первичной информации нами сделан выбор в пользу изменения следующих факторов:

1. X_{1M} (глубина погружения трубки в гидрозатворе, поддерживающем заданную пульсацию давления в газовой среде метантенка и гарантирующем анаэробные условия при выходе биогаза, м).

2. X_{2M} (уровень колебания жидкости (сбраживаемого субстрата) в метантенке, м).

3. X_{4M} (подача жидкости (исходной биомассы в виде навозных стоков) в метантенк, м³/с).

4. X_{5M} (напор на сливном патрубке метантенка – анаэробного фильтра, работающего согласованно с работой триггера, м).

Диапазон факторов был определен на основе предполагаемых условий функционирования модернизированного метантенка с устройством, создающим смешанные гидродинамические возмущения, а также на основе ранее проведенных теоретических исследований (табл. 1).

Чтобы определить, как факторы влияют на процесс формирования гидродинамического нарушения, было принято решение выделить ключевые измеряемые параметры. Эти параметры характеризуют степень нарушения в метантенке с устройством, создающим дополнительные ги-

Таблица 1 – Характеристика факторов, включенных в эксперимент на моделирующей демонстрационной установке

Table 1 – Characteristics of factors included in the experiment on the modeling demonstration setup

Номер фактора	Название фактора	Область определения	Точность, %
1 (X_{1M})	Высота погружения трубки в гидрозатворе (h_3), 10^{-3} м	0–200	1
2 (X_{2M})	Уровень колебания жидкости в метантенке (Δh), 10^{-3} м	0–300	1
3 (X_{4M})	Подача жидкости в метантенк ($Q_{ж}$), 10^{-9} м ³ /с	0–1	4
4 (X_{5M})	Напор на сливной патрубке (h), 10^{-3} м	0–500	3

гидродинамические возмущения. К ним относятся [6]:

1. $t_{оп}$ (время фазы опорожнения, с).
2. $t_{зап}$ (время фазы заполнения, с).
3. Δp (изменение давления в газовом объеме метантенка, Па).
4. $\Delta h_{св.пов}$ (изменение высоты свободной поверхности жидкости в метантенке, 10^{-3} м).

Один из ключевых элементов планирования эксперимента состоит в процедуре определения и выбора параметров, которые описывают процесс анаэробного сбраживания с учетом конкретной цели. Эти параметры должны обладать ясной логической интерпретацией и иметь возможность количественной или, если требуется, качественной оценки [1].

Нами приняты ключевые параметры, которые служат для оценки размера и природы циклических гидродинамических возмущений сбраживаемого потока:

1. $Y_{1M}(\Delta p)$ – колебания давления в газовом объеме метантенка, оснащенного генератором комплексных гидровозмущений. Они отражают влияние на функционирование системы и дают возможность определить скорость выделения пузырьков биогаза:

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot (h_{изб} + h_{вак}) \quad (1)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 $h_{изб}$ – высота избыточного давления по показанию U-образного манометра, м;
 $h_{вак}$ – высота вакуумметрического давления по показанию U-образного манометра, м.

2. $Y_{2M}(V)$ – скорость перемещения открытой поверхности жидкости в метантенке, которая отражает степень воздействия формируемого гидродинамического возмущения на анаэробное разложение в метантенке с механизмом, генерирующим комплексные гидродинамические волнения. Это дает возможность оценить силу конвективного переноса массы благодаря перемещению перерабатываемого субстрата. Для определения показателя скорости используют формулу (2):

$$V = \frac{(h_{max} - h_{min})}{t_{оп}} = \frac{\Delta h_{св.пов.}}{t_{оп}} \quad (2)$$

где h_{max} – максимальная точка колебания открытой поверхности в метантенке, м;
 h_{min} – минимальная точка колебания открытой поверхности в метантенке после окончания фазы опорожнения, м;
 $t_{оп}$ – время фазы опорожнения, с.

3. $Y_{3M}(t_{цикла})$ – продолжительность периода работы метантенка, характеризующая отдельный отрезок повторности фаз и определяемая по формуле (3):

$$t_{цикла} = (t_{оп} + t_{зап}) \quad (3)$$

где $t_{зап}$ – время фазы заполнения, с.

4. $Y_{4M}(n)$ – частота протекания циклов. Она показывает периодичность возмущений и выражается числом циклов в сутки по формуле (4) [1]:

$$n = \frac{24 \cdot 3600}{t_{цикла}} \quad (4)$$

В таблице 2 представлены параметры для оценки, которые определяют гидродинамическое поведение метантенка, оснащенного устройством для создания комбинированных гидродинамических возмущений. На основании теоретических моделей и литературных данных область определения этих параметров устанавливалась с учетом предполагаемого режима работы метантенка [1].

Для выявления ключевых факторов, оказывающих влияние на турбулентность потока жидкости, и определения их взаимосвязей в рамках эксперимента было выбрано изучение двух уровней каждого фактора: верхнего (+1) и нижнего (–1).

Для этого был использован полный факторный эксперимент типа 2^5 , что подразумевало необходимость проведения 32 отдельных тестов. Чтобы повысить надежность результатов, каждый тест был повторен пять раз. Это увеличило общее число испытаний до 160. В целях оптимизации и уменьшения количества необходимых тестов было решено применить дробный факторный эксперимент.

Таблица 2 – Характеристика оценочных параметров установки по метановому сбраживанию

Table 2 – Characteristics of the evaluation parameters of the methane fermentation setup

Номер параметра	Название	Область определения	Точность, %
1 (Y_{1M})	Колебание давления в газовом объеме метантенка (Δp), Па	0–200	1
2 (Y_{2M})	Скорость перемещения свободной поверхности сбраживаемого субстрата (V), м/с	0–0,1	5
3 (Y_{3M})	Продолжительность процесса обработки субстрата в метантенке ($t_{\text{цикла}}$), с	0–100	0,5
4 (Y_{4M})	Периодичность циклов (n), сут.	0–50	0,5

Таблица 3 – План-матрица производственного эксперимента

Table 3 – Production experiment matrix plan

Номер эксперимента	Порядок случайной реализации	$X_1 = \text{ДЗ}$		$X_2 = W_{\text{выт}}$	
		код	натуральное	код	натуральное
1	5	+1	200	+1	4
2	3	0	125	+1	4
3	6	–1	50	+1	2
4	1	+1	200	–1	2
5	4	0	125	–1	2
6	2	–1	50	–1	2

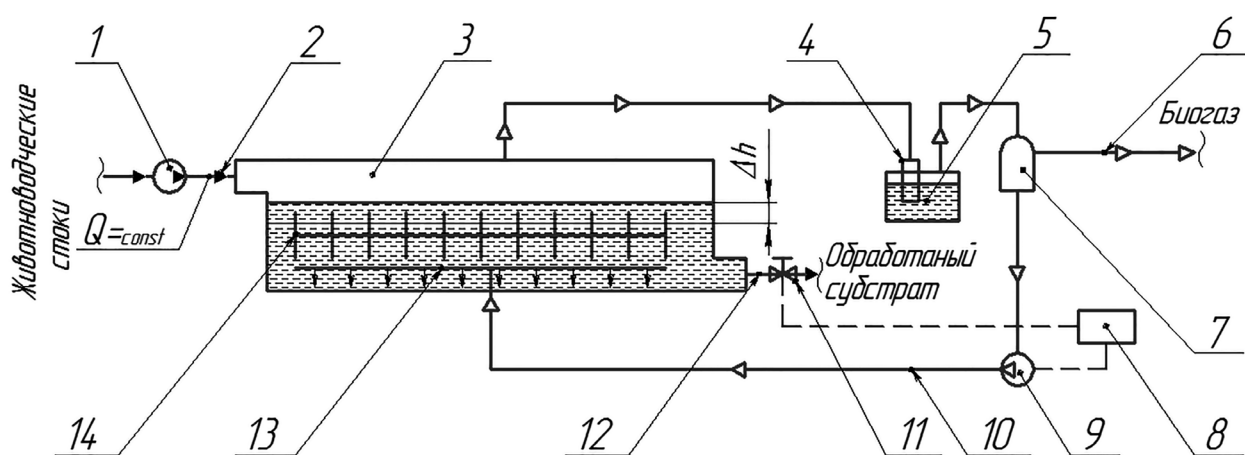
План-матрица включает шесть испытаний, что для плана пятифакторного эксперимента составляет четверть реплики $2^{(5-2)}$. Она представлена в таблице 3 в натуральных и кодированных величинах [1].

Экспериментальная лаборатория разработана для визуального наблюдения за процессом возникновения возмущения в анаэробном фильтре, включая моделирование подачи субстрата и производство биогаза. На рисунке 3 представлена схема этой установки [4, 6, 7].

Результаты опытов по исследованию работы модернизированного метантенка представлены в таблице 4.

Согласно данным экспериментов, наибольший объем выработанного биогаза в усовершенствованном метантенке был достигнут при увеличении периода обработки субстрата.

При периодичности загрузки свежего навоза через 2 суток общий выход биогаза составил $0,323 \text{ м}^3$, тогда как при периодичности загрузки через 3 и 4 суток – $0,344$ и $0,365 \text{ м}^3$ соответственно.



1 – насос для подачи стоков навоза свиней; 2 – патрубок для подачи животноводческих стоков; 3 – метантенк с дополнительным механизмом, создающим гидродинамические возмущения; 4 – патрубок для вывода биогаза; 5 – гидравлический затвор; 6 – отводной канал для подачи биогаза потребителям; 7 – газгольдер; 8 – триггер; 9 – газовый насос; 10 – линия подачи биогаза на барботирование; 11 – вентиль для слива обработанного субстрата; 12 – патрубок для отвода обработанного субстрата; 13 – перфорированная труба; 14 – иммобилизированный носитель анаэробной биомассы

1 – pump for feeding pig manure effluents; 2 – branch pipe for feeding livestock effluents; 3 – methane tank with an additional mechanism creating hydrodynamic disturbances; 4 – branch pipe for biogas outlet; 5 – hydraulic seal; 6 – branch channel for feeding biogas to consumers; 7 – gas holder; 8 – trigger; 9 – gas pump; 10 – biogas feed line for bubbling; 11 – valve for draining processed substrate; 12 – branch pipe for removing processed substrate; 13 – perforated pipe; 14 – immobilized carrier of anaerobic biomass

Рисунок 3 – Технологическая схема предлагаемой установки

Figure 3 – Flow chart of the proposed setup

Таблица 4 – Результаты эксперимента, проведенного на модернизированном метантенке

Table 4 – Results of the experiments conducted on the upgraded methane tank

Показатели	Психрофильный режим		
	1	2	3
Температура, °C	20	20	20
Периодичность загрузки навоза, сут.	2	4	3
Влажность навоза, %	99	99	99
Диаметр проволоки, мм	0,50	0,25	0,33
Зольность абсолютно сухого вещества загруженного навоза, %	17	17	17
Количество загруженного сухого вещества, кг	0,991	0,991	0,991
Выход биогаза, м ³	0,323	0,365	0,344
Степень разложения органического вещества, %	20,8	24,6	22,4
Влажность шлама, %	91,6	93,0	92,5
Зольность абсолютно сухого вещества шлама, %	21,2	23,0	22,1

Закключение. Таким образом, продление периода ферментации субстрата на одни сутки привело к росту суммарного производства биогаза в 1,065 раза. Удвоение продолжительности предварительной

обработки материала вызвало увеличение выхода биогаза в 1,13 раза.

Разложение органики происходило продуктивно при внесении новой порции навоза каждые четыре дня, достигнув по-

казателя 24,6 %. Оптимальные условия выдержки субстрата, наблюдаемые при четырехдневном цикле загрузки, подтверждаются и данными о влажности переработанных остатков (шлама). В частности, влажность шлама поднималась до 93 %. При двукратном внесении навоза в течение недели колебания влажности шлама были минимальны и зафиксированы на отметке в 91,6 %.

Результаты по другим показателям, таким как выход биогаза с единицы загруженного абсолютно сухого вещества, степень разложения абсолютно сухого вещества, зольность шлама, а также энерговыделение и энергоотдача, демонстрируют полноту и достаточность процесса анаэробного сбраживания при увеличении времени выдерживания сбраживаемого субстрата до 4 суток.

Список источников

1. Друзянова В. П. Параметры, характеризующие энергетическую сторону процесса анаэробного сбраживания в накопительной биоэнергетической установке // Проблемы и перспективы подготовки специалистов для промышленно-хозяйственного комплекса : материалы республиканской науч.-практ. конф. Якутск : Северо-Восточный федеральный университет, 2004. С. 78–81.

2. Таханов М. П., Васильев Ф. А., Евтеев В. К. Разработка технологии анаэробной переработки органических отходов сельского хозяйства // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Молодежный : Иркутский государственный аграрный университет, 2019. С. 178–183. EDN MMLVY.

3. Таханов М. П., Евтеев В. К. Технология анаэробной переработки животноводческих стоков на крупных свиноводческих комплексах // Молодая наука аграрного Дона: традиции, опыт, инновации : сб. науч. тр. Волгоград : Азово-Черноморский инженерный институт Донского государственного аграрного университета, 2018. С. 156–158. EDN YOLQXR.

4. Патент № 2678673. Российская Федерация. Установка для анаэробного сбраживания : № 2017132640 : заявл. 18.09.2017 : опубл. 30.01.2019 / Таханов М. П., Васильев Ф. А., Ильин С. Н., Евтеев В. К. Бюл. № 4. 8 с.

5. Васильева А. С., Евтеев В. К. Создание возмущений в анаэробном фильтре // День аспиранта Иркутской государственной сельскохозяйственной академии : материалы науч.-практ. семинара. Иркутск : Иркутская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. С. 17–21. EDN XRXNH.

6. Таханов М. П., Осмонов О. М., Савватеева И. А., Горохов К. К. Повышение эффективности работы метантенка гидродинамическим возмущением сбраживаемого потока // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Т. 17. № 1. С. 120–127. doi: 10.22450/19996837_2023_1_120. EDN MVQCLA.

7. Таханов М. П., Васильев Ф. А. Создание возмущений в метантенке // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 80. С. 143–148. EDN ZFHRRN.

References

1. Druzyanova V. P. Parameters characterizing the energy side of the anaerobic digestion process in a bioenergy storage plant. Proceedings from Problems and prospects of training specialists for the industrial and economic complex: *Respublikanskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 78–81), Yakutsk, Severo-Vostochnyi federal'nyi universitet, 2004 (in Russ.).

2. Takhanov M. P., Vasiliev F. A., Evteev V. K. Development of technology for anaerobic recycling of organic agricultural waste. Proceedings from Scientific research and development for implementation in the agro-industrial complex: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh*. (PP. 178–183), Molodezhnyi, Irkutskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2019. EDN MMLVY (in Russ.).

3. Takhanov M. P., Evteev V. K. Technology of anaerobic processing of livestock wastewater at large pig breeding complexes. Proceedings from *Molodaya nauka agrarnogo Dona: traditsii*,

opyt, innovatsii. (PP. 156–158), Zernograd, Azovo-Chernomorskii inzhenernyi institut Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2018. EDN YOLQXR (in Russ.).

4. Takhanov M. P., Vasiliev F. A., Ilyin S. N., Evteev V. K. Anaerobic digestion plant. *Patent RF, No. 2678673 patents.google.com* 2019 Retrieved from <https://patents.google.com/patent/RU2678673C1/ru> (Accessed 12 February 2025) (in Russ.).

5. Vasilieva A. S., Evteev V. K. Creation of disturbances in an anaerobic filter. Proceedings from Postgraduate Student's Day at Irkutsk State Agricultural Academy: *Nauchno-prakticheskii seminar*. (PP. 17–21), Irkutsk, Irkutskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2013. EDN XRXXNH (in Russ.).

6. Takhanov M. P., Osmonov O. M., Savvateeva I. A., Gorokhov K. K. Improving the efficiency of the methane tank by hydrodynamic disturbance of the fermentable flow. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2023;17;1:120–127. doi: 10.22450/19996837_2023_1_120. EDN MVQCLA (in Russ.).

7. Takhanov M. P., Vasiliev F. A. Creation of perturbations in a methane tank. *Vestnik Irkutskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2017;80:143–148. EDN ZFHRRN (in Russ.).

© Таханов М. П., Петров Н. В., 2025

Статья поступила в редакцию 02.04.2025; одобрена после рецензирования 06.06.2025; принята к публикации 09.06.2025.

The article was submitted 02.04.2025; approved after reviewing 06.06.2025; accepted for publication 09.06.2025.

Информация об авторах

Таханов Михаил Пурбаевич, старший преподаватель кафедры эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, takhanov93@mail.ru;

Петров Николай Вадимович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, ORCID: 0000-0002-8927-7828, Author ID: 904371, petnikvad1988@mail.ru

Information about the authors

Mikhail P. Takhanov, Senior Lecturer of the Department of Operation of Motor Transport and Auto Repair, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, takhanov93@mail.ru;

Nikolay V. Petrov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Operation of Motor Transport and Auto Repair, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, ORCID: 0000-0002-8927-7828, Author ID: 904371, petnikvad1988@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 664.6

EDN XBSLSU

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-142-154>

**Применение полуфабриката – начинки с кедровым порошком
для булочных изделий: разработка рецептуры и технология получения**

Нелля Николаевна Типсина¹, Галина Александровна Демиденко²^{1,2} Красноярский государственный аграрный университет

Красноярский край, Красноярск, Россия

¹ txkimp@mail.ru, ² demidenkoekos@mail.ru

Аннотация. Доказана повышенная пищевая ценность ядер кедровых орехов. Выполнен анализ публикаций о значении кедровых орехов для функционального питания населения. Обогащены и улучшены качества нового булочного изделия – булочки кедровой с применением в качестве полуфабриката начинки с кедровым порошком. Изготовлены в лабораторном эксперименте контрольные образцы булочки кедровой с различной процентной добавкой соответствующего полуфабриката. Определена его оптимальная процентная дозировка в рецептуре изделия. Разработаны рецептура изготовления булочного изделия – булочки кедровой в вариантах лабораторного эксперимента; рецептура булочки кедровой с 18 % (оптимальной) добавкой полуфабриката – начинки с кедровым порошком. Выполнен анализ физико-химических показателей качества и химического состава булочки кедровой, а также дана дегустационная оценка образцов продукта. Установлена повышенная пищевая ценность продукта, благодаря растительным жирам, полноценным белкам, минеральным веществам, пищевым волокнам, микроэлементам, витаминам в кедровом порошке. Оценена пищевая ценность булочного изделия, как обогащенного продукта. Установлены особенности технологии и параметры технологических процессов изготовления нового булочного продукта. Произведен расчет экономической эффективности булочки кедровой.

Ключевые слова: булочные изделия, ядра кедровых орехов, полуфабрикат (кедровый порошок), булочка кедровая, пищевая ценность, технологические приемы

Для цитирования: Типсина Н. Н., Демиденко Г. А. Применение полуфабриката – начинки с кедровым порошком для булочных изделий: разработка рецептуры и технология получения // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 142–154. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-142-154>.

Original article

**Application of semi-finished cedar powder filling
for bakery products: formulation development and production technology**

Nellya N. Tipsina¹, Galina A. Demidenko²^{1,2} Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk krai, Krasnoyarsk, Russian Federation¹ txkimp@mail.ru, ² demidenkoekos@mail.ru

Abstract. The increased nutritional value of the kernels of pine nuts has been proven. The analysis of publications on the importance of pine nuts for the functional nutrition of the population was carried out. The qualities of a new bakery product, cedar buns, have been enriched and improved using a semi-finished filling with cedar powder. Control samples of cedar buns with various percentages of the corresponding semi-finished products were made in a laboratory experiment. The optimal percentage of its dosage in the product formulation has been determined. The following are presented: a recipe for making a cedar bun in laboratory experiment variants; a recipe for a cedar bun with an 18% (optimal) addition of a semi-finished product – a filling with

cedar powder. The analysis of physico-chemical parameters of the quality and chemical composition of cedar buns was performed, as well as a tasting assessment of product samples was given. The increased nutritional value of the product has been established due to plant fats, complete proteins, minerals, dietary fiber, trace elements, vitamins in cedar powder. The nutritional value of the bakery product as an enriched product was estimated. The features of technology and parameters of technological processes for manufacturing a new bakery product have been established. The economic efficiency of cedar buns has been calculate.

Keywords: bakery products, pine nuts kernels, semi-finished product (cedar powder), cedar bun, nutritional value, technological techniques

For citation: Tipsina N. N., Demidenko G. A. Application of a semi-finished product filling with cedar powder for bakery products: formulation development and production technology. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:142–154. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-142-154>.

Введение. Современный анализ рациона питания населения показывает избыточное потребление животных жиров и углеводов, а также существующий дефицит растительных жиров, полноценных белков, пищевых волокон, минеральных веществ, микроэлементов, витаминов.

Производство продуктов массового питания предусматривает обоснованное применение местных источников сырья (ягод, плодов, орехов), что является одним из важных условий модернизации производства [1–3].

Рациональное использование растительных ресурсов основано на комплексной переработке сырья с применением безотходной технологии производства. При отжиме масла из ядер кедровых орехов остается кедровый жмых, в котором содержится значительный объем минеральных веществ и витаминов. Использование в дальнейшем производстве остатков переработки ядер кедровых орехов является перспективным направлением [2].

В пищевой промышленности технология использования полуфабрикатов из остатков ядер кедровых орехов для получения обогащенных хлебобулочных и мучных кондитерских изделий и расширения их ассортимента представляется достаточно актуальной и требующей соответствующих исследований [2].

В Восточной Сибири одним из местных источников сырья являются кедровые орехи – плоды кедра сибирского (*Pinus sibirica*). Они содержат биологически активные вещества, способствующие развитию головного мозга; снижающие уровень сердечно-сосудистых заболеваний; предотвращающие старение [4].

Цель исследований – оценка качества булочки кедровой с применением полуфабриката в виде начинки с кедровым порошком, как нового изделия с повышенной пищевой ценностью, для обогащения и улучшения качества хлебобулочного изделия.

Анализ публикаций о значении кедровых орехов для функционального питания населения. В функциональном питании населения России ведущую роль играют содержащиеся в ядрах кедровых орехов жиры, белки, полисахариды, фитостерины, фосфолипиды, витамины [2, 5–20]. Ядро ореха кедрового может использоваться как самостоятельный пищевой продукт, так и источник растительного масла, белковых продуктов и минерально-белковых компонентов [5].

Жиры. Исследования О. В. Константиновой, А. Б. Рахельсон, С. Н. Криштофович [5], посвященные анализу химического состава ядер кедровых орехов и получаемых продуктов переработки, показали, что благодаря наличию уникальных химических элементов и их соединений, ядра кедровых орехов содержат комплекс биологически активных веществ.

При этом основную часть ядер составляют липиды. Их содержание колеблется от 50 до 70 %. Из ненасыщенных жирных кислот преобладают линолевая и линоленовая.

Отличительной особенностью жирнокислотного состава липидов в ядрах кедрового ореха является значительное содержание (24 %) линоленовой кислоты, представляющей собой структурный материал для построения клеточных мембран [5, С. 16].

Исследованиями Т. Г. Колесниковой, М. А. Субботиной, Н. С. Шубенкиной доказано, что липиды являются вторым по значимости ингредиентом белково-липидного продукта [6, С. 2]. Авторы констатируют, что липиды такого продукта характеризуются значительным содержанием ненасыщенных жирных кислот от общего содержания жирных кислот: олеиновой – 23,2 %, линолевой и у-линоленовой – 44,6 и 20,5 % соответственно [6, С. 2].

Исследованиями Н. Н. Типсиной и Лю Янься установлено, что в ядрах кедровых орехов Красноярского края количество насыщенных жирных кислот составляет около 10 %, а количество ненасыщенных жирных кислот – около 90 % (одна треть из которых приходится на линолевые кислоты) [2, С. 22].

Далее авторы раскрывают физиологические функции данных кислот. Линолевые кислоты являются исходным веществом при синтезе простагландинов, а простагландины имеют разнообразные физиологические функции, в частности способствуют сужению и расширению кровеносных сосудов; влияют на почечную экскрецию воды; выполняют нервную стимуляцию [2, 7].

Белки. Исследования О. В. Константиновой, А. Б. Рахельсон, С. Н. Криштофович показывают, что содержание белка в ядре кедрового ореха колеблется от 16 до 20 %. В состав белков входят 19 аминокислот, из которых 70 % составляют незаменимые и условно заменимые, что указывает на высокую биологическую ценность входящих белков [5, С. 16].

Вид и содержание аминокислот в ядрах кедровых орехов определяют пищевую ценность белка. Белок ядра кедровых орехов отличается повышенным содержанием лизина (от 12,4 г на 100 г белка), метионина (до 5,6 г на 100 г белка) и триптофана (3,4 г на 100 г белка) – наиболее дефицитных аминокислот, обычно лимитирующих биологическую ценность белка [5, С. 16]. Высоко содержание глутаминовой кислоты, аргинина, аспарагиновой кислоты, играющих важную физиологическую роль в организме человека. В метаболизме мышц имеет значение аргинин, который способствует нейтрализации аммиака в печени и удалению токс-

синов, росту мышц, синтезу коллагенов, заживлению ран.

Исследованиями Т. Г. Колесниковой, М. А. Субботиной, Н. С. Шубенкиной доказано, что белок в белково-липидном продукте выступает одним из его основных элементов. Исследования аминокислотного состава свидетельствуют о его высокой биологической ценности, поскольку в нем присутствуют все незаменимые аминокислоты [6, С. 2].

Полисахариды (высокомолекулярные углеводы). Исследованиями О. В. Константиновой, А. Б. Рахельсон, С. Н. Криштофович [5] установлено, что содержание углеводов в ядре кедрового ореха колеблется от 15 до 25 %. При этом основными компонентами углеводов являются крахмал (содержание до 12 %) и сахароза (содержание до 10 %) [5, С. 16].

Этот класс высокомолекулярных природных полимеров сформирован из кетозы (или альдозы), соединенных гликозидными связями [8]. Полисахариды, содержащиеся в растениях, представляют класс иммуномодуляторов, способных улучшать иммунную функцию организма (активизировать иммунные клетки, подавлять рост опухолей) [9].

Также иммунные вещества биологически активных веществ показывают, что в естественных условиях углеводы выполняют не только функции источников энергии, но и другие биологические функции в жизнедеятельности человека, участвуя в клеточных процессах [10].

Полисахариды присутствуют не только в ядрах кедровых орехов, но также в сосновой шишке и скорлупе. В скорлупе кедровых орехов представлены полисахариды, выполняющие иммуностимулирующие функции: противовирусную и противоопухолевую [11–13].

Макро- и микроэлементы. В работе О. В. Константиновой, А. Б. Рахельсон, С. Н. Криштофович [5] установлено, что в ядре кедрового ореха присутствуют порядка пяти макро- и 14 микроэлементов, из которых преобладают фосфор (до 900 мг/кг), калий (до 700 мг/кг), магний (до 600 мг/кг), медь, йод [15, С. 16].

Т. Г. Колесникова, М. А. Субботина, Н. С. Шубенкина указывают, что широким спектром макро- и микроэлементов

представлен минеральный состав белково-липидного продукта [6]. Авторы отмечают, что среди макроэлементов следует отметить особенно высокое содержание таких макронутриентов, как калий и магний. Количество калия в белково-липидном продукте настолько значимо, что даже превосходит его содержание в белковых молочных продуктах (нежирном твороге и молоке сухом обезжиренном) в 1,6 и 16,7 раза соответственно. Присутствие этого элемента очень важно для обменных процессов в организме [6, С. 3]. Среди микроэлементов выделяют количество двухвалентного железа на 100 г продукта, растворимая форма которого имеет особое значение для жизнедеятельности организма, поскольку участвует в образовании гемоглобина, формировании активных окислительно-восстановительных ферментов [6, С. 3].

Фитостерины. Основная физиологическая роль фитостеринов заключается в снижении уровня холестерина в крови. Данная функция вызывает интерес как российских, так и китайских исследователей [14–17]. Доказано, что стерин снижает риск возникновения болезней сердца; не существует побочных эффектов при употреблении суточной дозы стеринов; уменьшается коэффициент поглощения ЛПНП-холестерина (липопротеида низкой плотности), что позволяет сохранять нормальную концентрацию витаминов в крови. Ежедневный прием стероидных эфиров может эффективно снизить уровень ЛПНП-холестерина в крови, не влияя на плазменную концентрацию каротиноидов. Роль насыщенного β -ситостанола значительнее, чем β -ситостерина в снижении уровня холестерина в крови [17].

В области здорового питания применение фитостеринов довольно широкое. Они выступают новыми компонентами естественного происхождения, обладающими функциями снижения уровня холестерина в крови и предотвращающими атеросклероз. Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов (FDA) рекомендовало фитостеролы как новые компоненты для здорового питания населения.

Фосфолипиды. Представляют класс липидов с содержанием фосфора и содержатся в ядрах кедровых орехов. Фос-

фолипид – растворимый типичный вид молекул, имеющих два компонента с эмульгирующими свойствами: неполярных и полярных. Являются основными носителями липопротеинов и компонентами биологических мембран.

Для организма человека содержащиеся в фосфолипидах ненасыщенные жирные кислоты являются важным источником здорового питания, а, например, фосфатидилхолин (лецитин) обладает уникальными свойствами для здоровья, так как используется в целях снижения количества жира под кожей и в печени.

Велика роль фосфолипидов в процессах развития и роста нервной системы человека, а также при регулировании секреции гормона репродукции. К важным функциям фосфолипидов следует отнести: увеличение скорости передачи информации между клетками мозга и нервными клетками, что улучшает память и предотвращает болезнь Альцгеймера; улучшение иммунной функции организма на основе повышения активности макрофагов и фагоцитарного потенциала сопротивляемости болезням; разложение «излишков» холестерина и липидов в крови, тем самым очищая кровеносные сосуды для свободной циркуляции крови; предотвращение ишемической болезни сердца; нормализация кровяного давления; уменьшение ожирения печени; вывод токсинов.

Фосфолипиды, благодаря своим структурным особенностям, широко применяют при производстве продуктов питания; товаров медицинского назначения. Они имеют косметический эффект (поглощают кожей кислород и питательные вещества), поэтому используются в качестве эмульгаторов в косметике [18].

Витамины. Представляют группу низкомолекулярных органических веществ, необходимых для жизнедеятельности человека. Они участвуют во множестве биохимических реакций. Витамины в организме человека преимущественно не синтезируются, а поступают в организм извне [2].

Исследованиями, представленными в работе О. В. Константиновой, А. Б. Рахельсон, С. Н. Криштофович, установлено, что ядро кедровых орехов богато витаминами, в особенности F, E, A, группы B [5, С. 16].

Исследованиями Лю Янься [19, 20] показано значение витаминов для здоровья и роста организма человека.

Много витаминов содержат ядра кедровых орехов (преимущественно E, C, B₁, B₂, B₆). Каждый витамин и их комплексы влияют на здоровье человека.

Витамин E, являясь жирорастворимым витамином, имеет широкий спектр физиологических функций в регулировании метаболизма липидов и аминокислот, улучшении антиоксидантной способности. Он приводит к антивозрастному эффекту (ингибирует в организме процессы перекисного окисления липидов); обладает противоопухолевым эффектом; используется для профилактики болезни Альцгеймера; предотвращает повреждения от излучений.

Витамин C. Является производным глюкозы, физиологические функции которой состоят в участии в окислительно-восстановительных реакциях. Витамин C выступает антиоксидантом, восстанавливает иммунитет, повышает защитные силы организма.

Витамин B₁. Относится к группе водорастворимых витаминов. Основные физиологические функции – предотвращает полиневрит, нарушения сердечной деятельности, изменения моторной и секреторной функции желудочно-кишечного тракта, потерю аппетита.

Витамин B₂. Водорастворимый витамин. Физиологическое значение: входит в состав окислительно-восстановительных ферментов; улучшает метаболизм; влияет на рост и развитие организма.

Витамин B₆. Основная функция пиридоксина коферментов – перенос карбоксильных групп и аминокислот в реакциях метаболизма аминокислот. Также контролирует возбудимость ЦНС; препятствует развитию полиневритов, дерматитов, отеков, пигментации кожи.

Материалы и методы исследований. Объектами исследований явились образцы булочки кедровой с различной процентной добавкой полуфабриката – начинки с кедровым порошком.

Исследования выполнены на кафедре технологии хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств Института пищевых производств Красно-

ярского государственного аграрного университета в 2023 г.

Методика лабораторного эксперимента. Для установления оптимальной процентной добавки полуфабриката (начинки с кедровым порошком) в булочке кедровой выполнен лабораторный эксперимент с вариантами исследований:

Вариант № 1 (контроль) – без добавки полуфабриката.

Вариант № 2 – 12 % добавки полуфабриката.

Вариант № 3 – 14 % добавки полуфабриката.

Вариант № 4 – 16 % добавки полуфабриката.

Вариант № 5 – 18 % добавки полуфабриката.

Вариант № 6 – 20 % добавки полуфабриката.

В качестве контрольного образца использовалась рецептура булочки сдобной.

Органолептические и физико-химические показатели качества изделий определены в соответствии с требованиями государственных стандартов:

ГОСТ Р 57935–2017 «Изделие булочное из пшеничной муки сдобное. «Булочка повышенной калорийности». Технические условия»;

ГОСТ 27844–88 «Изделия булочные. Технические условия»;

ГОСТ 21094–2022 «Изделия хлебобулочные. Методы определения влажности»;

ГОСТ 5670–96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности»;

ГОСТ 5668–2022 «Изделия хлебобулочные. Методы определения массовой доли жира».

Расчетным путем определили пищевую ценность изделий.

Дегустационный метод, как разновидность органолептического метода исследований, предполагает апробирование пищевых продуктов. Участники дегустационной комиссии (в количестве пяти человек) после дегустации образцов изделия выставляют баллы по показателям качества в вариантах эксперимента. Сумму полученных оценок делят на число участников дегустации [21].

Результаты исследований и их об- суждение. Кедровый порошок – порошко- образный полуфабрикат, сырьем для полу- чения которого является кедровый жмых.

Кедровый жмых – продукт, остав- шийся после выжимки масла из ядер ке- дрового ореха, в котором могут быть как цельные ядра кедрового ореха, так и крош- ка из ядер кедровых орехов. Это ценный пищевой продукт, в котором содержатся: жир (22 %), белок (18 %), крахмал (13 %), а также сахара, витамины, минеральные соли (до 6 %, представленные микро- и макроэлементами), дубильные вещества и лимонная кислота. Его запах свойствен- нен запаху кедровых орехов.

В пищевой промышленности кедро- вый жмых используется для изготовления халвы, пирожных, песочно-ореховых тор- тов, начинок для конфет, десертов, йогур- тов, крема, салатов (овощных, фруктовых). Обезжиренный жмых – белково-расти- тельный продукт, содержащий целебные и питательные свойства кедровых орехов. Белки кедрового жмыха превосходят иде- альный белок по содержанию цистина и триптофана, метионина, гистидина; ха- рактеризуются сбалансированным ами- нокислотным составом, который хорошо усваивается организмом человека.

Это диетический продукт и высоко- качественное сырье для повышения пи- щевой ценности продуктов, расширения ассортимента оздоровительного, диетиче- ского и школьного питания. Он обладает лечебными функциями: адсорбирует и выводит шлаки из организма; применяется при лечении заболеваний крови и лим- фы, желудочно-кишечного тракта, почек, туберкулеза; имеет общеукрепляющее действие; повышает иммунитет; улучша- ет лактацию у кормящих матерей. Данный продукт может применяться как пищевая добавка, так и как самостоятельный про- дукт питания. Технология производства из кедрового жмыха порошкообразного полуфабриката (кедрового порошка) по- зволяет сохранить в нем биологически ак- тивные вещества.

Рецептура изготовления нового бу- лочного изделия (булочки кедровой) с применением полуфабриката (начинки с кедровым порошком) в вариантах лабо- раторного эксперимента представлена в таблице 1.

Булочка кедровая с 18 % добавкой полуфабриката – начинки с кедровым по- рошком (оптимальный вариант) обладает приятным вкусом и запахом, светло-ко- ричневым цветом и правильной формой.

Ее рецептура представлена в табли- це 2. Физико-химические показатели при- ведены в таблице 3.

Анализ показал, что соответствующ- ий оптимальный образец булочки кедро- вой по физико-химическим показателям (массовая доля сахара – 12,2 %; массовая доля жира – 1,33 %) превышает контроль- ный образец. Кислотность, по сравнению с контрольным образцом, ниже на 6,1 %.

Дегустационная оценка отражает требования к качеству булочного изделия (вкус и аромат; структура и консистенция; цвет и внешний вид; форма). Эти показа- тели должны соответствовать параметрам, задуманным изготовителем [21].

Дегустационная оценка (на осно- вании органолептических показателей) булочки кедровой с добавлением полуфа- бриката – начинки с кедровым порошком в вариантах лабораторного эксперимента показана в таблице 4.

По мнению Н. И. Ковалева [21], дегу- стационная оценка хлебобулочных и муч- ных кондитерских изделий соответствует шкале: «отлично» при 25–30 баллов; «хо- рошо» – 19–24 балла; «удовлетворитель- но» – 10–18 баллов; «неудовлетворитель- но» – 1–9 баллов.

По данным таблицы 4, проведенная дегустационная оценка образцов булочки кедровой имеет лучшие показатели ка- чества, превышающие контроль, в вари- анте лабораторного эксперимента № 5 (с 18 % добавки полуфабриката – начинки с кедровым порошком). *При этом преимуще- ство данного варианта выражается в приятном кедровом запахе (аромате) и ощутимом вкусе кедровых орехов.*

Как сумма оценки (150 баллов), так и итоговая оценка (30,0 баллов) соответ- ствуют по шкале градации «отлично».

Таким образом, вариант лаборатор- ного эксперимента № 5 (с добавлением полуфабриката – начинки с кедровым порошком на уровне 18 %) признан опти- мальным в сравнении с другими варианта- ми эксперимента и может быть рекомен- дован для применения.

Таблица 1 – Рецепт приготовления булочки кедровой в вариантах лабораторного эксперимента**Table 1 – Recipe for making cedar buns in laboratory experiment options**

Сырье	Содержание сухих веществ, %	Расход сырья, г					
		варианты лабораторного эксперимента					
		контроль	12 %	14 %	16 %	18 %	20 %
Мука пшеничная первого сорта	85,5	100	100	100	100	100	100
Дрожжи прессованные	25,0	4	4	4	4	4	4
Сахар	99,85	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
Соль	9,0	1	1	1	1	1	1
Маргарин столовый	83,5	15	15	15	15	15	15
Молоко цельное	88,0	13	13	13	13	13	13
Яйцо куриное	27,0	12	12	12	12	12	12
Ванилин	–	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Начинка с кедровым порошком	97,8	0	12	14	16	18	20
Вода	–	73,5	73,5	73,5	73,5	73,5	7,50
Итого		162,55	174,55	176,55	178,55	180,55	180,55

Таблица 2 – Рекомендованная рецептура булочки кедровой с 18 % добавкой полуфабриката – начинки с кедровым порошком (вариант № 5) [20]**Table 2 – Recommended recipe for cedar buns with 18% addition of a semi-finished filling with cedar powder (option No. 5) [20]**

Сырье	Содержание сухих веществ, %	Масса, г			
		тесто		начинка с кедровым порошком	
		в натуре	в сухих веществах	в натуре	в сухих веществах
Мука пшеничная первого сорта	85,5	100,0	85,5	–	–
Дрожжи прессованные	25,0	4,0	1,0	–	–
Сахар-песок	99,85	17,5	17,5	–	–
Соль	97,0	1,0	1,0	–	–
Маргарин столовый	83,5	15,0	12,5	–	–
Молоко цельное	88,0	13,0	11,4	–	–
Яйцо куриное	27,0	12,0	3,2	–	–
Ванилин	–	0,05	–	–	–
Кедровый порошок	94,0	–	–	4,48	4,21
Сахарная пудра	99,85	–	–	4,54	4,53
Молоко сухое обезжиренное	95,0	–	–	2,00	1,90
Кондитерский жир	100,0	–	–	4,50	4,50
Лецитин	99,5	–	–	0,66	0,70
Итого	–	162,55	132,10	16,18	15,84

Таблица 3 – Физико-химические показатели булочки кедровой с добавкой полуфабриката – начинки с кедровым порошком (оптимальный вариант)**Table 3 – Physico-chemical parameters of cedar buns with the addition of a semi-finished filling with cedar powder (optimal option)**

Показатели	Вариант № 1 (контроль)	Вариант № 5 (оптимальный)
Влажность, %	40,4	40,9
Кислотность, град.	2,47	2,32
Массовая доля сахара, %	11,90	12,20
Массовая доля жира, %	1,10	1,33

Таблица 4 – Дегустационная оценка булочки кедровой с добавлением полуфабриката – начинки с кедровым порошком (в вариантах лабораторного эксперимента)**Table 4 – Tasting evaluation of cedar buns with the addition of a semi-finished filling with cedar powder (in laboratory experiment options)**

Показатели качества	Коэффициент	Число степеней качества	Число участников дегустации	Оценка, балл					
				варианты лабораторного эксперимента					
				контроль	12 %	14 %	16 %	18 %	20 %
Вкус и аромат	3	3	5	28	29	29	30	30	29
Структура, консистенция	4	3	5	28	28	29	29	30	28
Цвет	1	3	5	29	28	30	30	30	29
Внешний вид	2	3	5	28	29	29	29	30	28
Форма	1	3	5	27	27	28	28	30	28
Сумма оценки				140	141	145	146	150	142
Итоговая оценка				28,0	28,2	29,0	29,0	30,0	28,4

Пищевая ценность относится к понятиям, отражающим полноту полезных свойств пищевых продуктов, в том числе степень обеспеченности в пищевых продуктах физиологических потребностей человека в пищевых веществах и энергии. Чем выше пищевая ценность продукта питания, тем данный продукт лучше обеспечивает нормальное функционирование организма человека.

Определение пищевой ценности пищевых продуктов проводится путем сравнения химического состава (100 г изделия) с формулой сбалансированного питания (А. А. Покровский, 1976). Пищевая ценность выражается в процентах от суточной потребности человека в основных веществах и энергии.

Пищевая ценность булочки кедровой с добавлением полуфабриката в виде начинки с кедровым порошком (оптимальный вариант) показана в таблице 5.

Она показывает, что при употреблении 100 г продукта удовлетворяется суточная потребность человека как в макронутриентах (белки на 10,2 %; жиры на 15,6 %; углеводы на 13,2 %, пищевые волокна на 11,7 %), так и в минеральных веществах (магний на 16,6 %; фосфор на 13,4 %; железо на 12,7 %) и витаминах (В₁ на 13,5 %; Е на 40,4 %).

Особенности технологии и параметры технологических процессов изготовления предлагаемого продукта – булочки кедровой. Разработаны технологические подходы к получению хлебобулочных изделий с кедровым жмыхом [2, 19, 20].

Технология получения полуфабриката, которым выступает начинка с кедровым порошком из кедрового жмыха включает несколько последовательных этапов: подготовка и предварительная обработка сырья; смешивание смеси; охлаждение; упаковка.

Таблица 5 – Пищевая ценность булочки кедровой с добавкой полуфабриката – начинки с кедровым порошком (оптимальный вариант)**Table 5 – Nutritional value of cedar buns with the addition of a semi-finished filling with cedar powder (optimal option)**

Показатели	Содержание в 100 г изделия (оптимальный вариант)	Суточная потребность человека	Степень удовлетворения суточной потребности, %
<i>Макронутриенты, г</i>			
Белки	8,7	85–100	10,2
Жиры	12,5	80–100	15,6
Углеводы	52,7	400–500	13,2
Пищевые волокна	2,8	25	11,7
<i>Минеральные вещества, мг</i>			
Натрий	254,6	4 000–6 000	6,5
Калий	181,3	2 500–5 000	7,4
Кальций	64,7	800–1 000	8,2
Магний	49,7	300–500	16,6
Фосфор	133,2	1 000–1 500	13,4
Железо	1,9	15	12,7
<i>Витамины, мг</i>			
B ₁	0,5	1,5–2,0	13,5
B ₂	0,3	2,0–2,5	5,0
B ₅	0,5	15–25	3,3
B ₆	0,1	2–3	5,0
E	4,4	10–20	40,4
Калорийность, ккал	353	2 850	12,5

Кондитерский жир при комнатной температуре находится в густом состоянии, что не позволяет его смешивать с другими ингредиентами (кедровый порошок, сахарная пудра, сухое молоко). Поэтому требуется предварительная обработка сырья, включающая процессы топления кондитерского жира (при температуре не выше 50 °С) и просеивания кедрового порошка (до 300 мкм).

Смешивание кондитерского жира с кедровым порошком производилось в течение 5–7 минут при температуре 50 °С. В середине процесса смешивания добавляли лецитин до образования гомогенной смеси. Полученную начинку охлаждали (до температуры 20 °С) и упаковывали.

Технология получения булочки с добавлением полуфабриката (начинки с

кедровым порошком) состоит из этапов: приготовление сырья и теста; брожение теста; разделка теста; введение начинки и формование; расстойка, выпечка, охлаждение и упаковка [19, 20].

Рассмотрим принципиальную схему получения булочки кедровой. Замес муки из бункера с помощью спирального конвейера доставляется в просеиватель, затем через дозатор в тестомесильную машину. В дозатор жидких компонентов из резервуаров самотеком подается вода, дрожжевая суспензия, солевой раствор, сахарный сироп, маргарин. В тестомесильной машине (температура 28–32 °С) осуществляется замес теста в течение 5–10 минут [19, 20].

Разработаны параметры остальных технологических процессов. Брожение производится в течение 170–200 минут

до кислотности 2,4–2,9 градусов. Тестоделение – деление теста на куски и поступление заготовок в тестоокруглитель по транспортеру. На столе расстойки заготовки находятся в течение 4–6 минут; на столе разделки в раскатанные лепешки укладывается начинка. Окончательная расстойка осуществляется при температуре 45–50 °С, относительной влажности воздуха 74–84 % в течение 40–50 минут (при таких условиях поверхность булочки при выпекании не растрескивается и становится эластичной).

Выпекание изделий в печи выполняют при температуре 175–180 °С в течение 20–25 минут. При транспортировке в камеру охлаждения и упаковке температура должна быть на уровне 18–25 °С, относительная влажность воздуха – около 75 %.

Расчет экономической эффективности производства проектируемого продукта (булочки кедровой с добавкой полуфабриката – начинки с кедровым порошком) показал, что прибыль от реализации одной тонны готовой продукции при плановом уровне рентабельности 20 % составляет 10,59 тыс. руб.

Заключение. 1. Исследования показали, что в результате лабораторного эксперимента при изготовлении образцов булочки кедровой с различной процентной добавкой полуфабриката (начинки с кедровым порошком) в рецептуре изделия

оптимальной выступает добавка, составляющая 18 % полуфабриката.

2. Новое изделие – булочка кедровая, обогащенная биологически активными веществами, находящимися в кедровом порошке, обладает повышенной пищевой ценностью, улучшающей качество хлебобулочного изделия.

3. Анализ химического состава и физико-химических показателей булочки кедровой показал, что массовая доля сахара составляет 12,2 %; массовая доля жира – 1,33 %, что выше контрольного варианта. Кислотность ниже контрольного образца на 6,1 %. Продукт обогащен макронутриентами (белками, жирами, углеводами, пищевыми волокнами), минеральными веществами и витаминами.

4. Дегустационная оценка говорит об улучшенных органолептических характеристиках (вкус и аромат; структура и консистенция; цвет; внешний вид; форма), которые имеют по 30 баллов, что соответствует градации «отлично».

5. Разработаны технологические параметры (временные, температурные, относительной влажности) при осуществлении брожения, расстойки, выпекания, транспортировки продукта.

6. Расчеты эффективности показали, что прибыль от реализации одной тонны булочки кедровой при плановой рентабельности 20 % составляет 10,59 тыс. руб.

Список источников

1. Анисимова Е. Ю., Сложенкина М. И., Золотарева А. Г. Новые подходы в создании функциональных продуктов питания на основе использования нетрадиционных региональных ресурсов и технологий // Аграрно-пищевые инновации. 2022. № 3 (19). С. 39–48. <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2022-19-39-48>. EDN RFWLGI.
2. Типсина Н. Н., Лю Я. Разработка нового ассортимента мучных кондитерских и хлебобулочных изделий с использованием полуфабрикатов из *Pinus Sibirica*. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет. 2020. 156 с.
3. Туманова А. Е., Типсина Н. Н., Демиденко Г. А., Струпан Е. А., Сизых О. А. Применение кедрового жмыха в производстве печенья // Хлебопродукты. 2024. № 8. С. 49–53. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2024-33-8-24>. EDN WAWMGR.
4. Li Z. The nutritional and health functions of pine nuts // Agriculture Products Development. 2001. No. 7. P. 23–24.
5. Константинова О. В., Рафальсон А. Б., Криштофович С. Н. Химический состав ядра кедрового ореха и продуктов его переработки // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2011. № 1. С. 16–17. EDN PBDNWZ.

6. Колесникова Т. Г., Субботина М. А., Шубенкина Н. С. Исследование химического состава белково-липидного продукта из кедровых орехов // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 2. С. 22–26. EDN QANQNB.
7. Valentine R. C., Valentine D. L. Omega-3 fatty acids in cellular membranes: a unified concept // Progress in Lipid Research. 2004. Vol. 43. Iss. 5. P. 383–402. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2004.05.004>.
8. Wu W., Gao M. A review on antitumor of the polysaccharide // Chinese Journal of Natural Medicines. 2003. No. 3. P. 182–186.
9. Liu W., Huang S., Zhao J. Plant polysaccharide and immunity // Journal of Biology. 2003. Vol. 20. No. 4. P. 7–9.
10. Cui Y., Cui Yin., Yi G. Widely application and extraction methods the natural polysaccharide // Chemical Industry and Technology. 2002. Vol. 30. P. 7–9.
11. Liu Z., Lv T., Zhang Yo. The influence of pine nut shell polysaccharide on immunological function of mouse // Chinese Journal of Comparative Medicine. 2010. Vol. 20. No. 10. P. 33–37.
12. Lu Yo., Wang S., Peng F. Studies on effective compositions of Pine cone // Journal of Dali University. 2008. Vol. 7. No. 12. P. 1–2.
13. Mu L., Zhang Yo., Zhang M. Antiviral activities of pinon polysaccharide on CDV and CPV *in vitro* // Chinese Journal of Veterinary Science. 2009. Vol. 29. No. 9. P. 1111–1114.
14. Vivienne V. Phytosterols and health implications: chemical nature and occurrence // Inform. 2001. Vol. 12. P. 808–813.
15. Vivienne V. Phytosterols and health implications: commercial products and their regulation // Inform. 2001. Vol. 12. P. 1011–1013.
16. Vivienne V. Phytosterols and health implications: efficacy and nutritional aspects // Inform. 2001. Vol. 12. P. 899–903.
17. Sen Yi. The physiological function of phytosterols and stanols // Cereals & Oils. 1999. No. 1. P. 46–47.
18. Liu W., Zhang P. The health function and extraction methods of phospholipids // Shanxi Science and Technology. 2002. Vol. 1. P. 45–46.
19. Лю Я. Разработка рецептур и технология булочки с порошком из кедрового жмыха // Инновационные тенденции развития российской науки : материалы IX междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2016. С. 29–31. EDN WGONDL.
20. Лю Я. Разработка нового ассортимента мучных кондитерских и хлебобулочных изделий с использованием жмыха *Pinus Sibirica* : автор. дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2016. 22 с. EDN ZQAYXB.
21. Ковалев Н. И., Куткина М. Н., Кравцова В. А. Технологии приготовления пищи. М. : Деловая литература, 1999. 480 с.

References

1. Anisimova E. Yu., Slozhenkina M. I., Zolotareva A. G. New approaches of functional food production with using non-traditional regional resources and technologies. *Agrarno-pishchevye innovatsii*, 2022;3(19):39–48. <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2022-19-39-48>. EDN RFWLGJ (in Russ.).
2. Tipsina N. N., Lyu Ya. *Development of a new assortment of flour confectionery and bakery products using semi-finished products from Pinus Sibirica*, Krasnoyarsk, Krasnoyarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2020, 156 p. (in Russ.).
3. Tumanova A. E., Tipsina N. N., Demidenko G. A., Strupan E. A., Sizykh O. A. The use of cedar cake in the production of cookies. *Khleboprodukty*, 2024;8:49–53. <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2024-33-8-24>. EDN WAWMGR (in Russ.).

4. Li Z. The nutritional and health functions of pine nuts. *Agriculture Products Development*, 2001;7:23–24.
5. Konstantinova O. V., Rafalson A. B., Krishtofovitch S. N. Chemical composition of cedar nut kerne and products of its processing. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhirov*, 2011;1:16–17. EDN PBDNWZ (in Russ.).
6. Kolesnikova T. G., Subbotina M. A., Shubenkina N. S. Study on the chemical composition of the protein-lipid product of pine nuts. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2013;2:22–26. EDN QANQNB (in Russ.).
7. Valentine R. C., Valentine D. L. Omega-3 fatty acids in cellular membranes: a unified concept. *Progress in Lipid Research*, 2004;43;5:383–402. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2004.05.004>.
8. Wu W., Gao M. A review on antu-tumor of the polysaccharide. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 2003;3:182–186.
9. Liu W., Huang S., Zhao J. Plant polysaccharide and immunity. *Journal of Biology*, 2003;20;4:7–9.
10. Cui Y., Cui Yin., Yi G. Widely application and extraction methods the natural polysaccharide. *Chemical Industry and Technology*, 2002;30:7–9.
11. Liu Z., Lv T., Zhang Yo. The influence of pine nut shell polysaccharide on immunological function of mouse. *Chinese Journal of Comparative Medicine*, 2010;20;10:33–37.
12. Lu Yo., Wang S., Peng F. Studies on effective compositions of Pine cone. *Journal of Dali University*, 2008;7;12:1–2.
13. Mu L., Zhang Yo., Zhang M. Antiviral activities of pinon polysaccharide on CDV and CPV *in vitro*. *Chinese Journal of Veterinary Science*, 2009;29;9:1111–1114.
14. Vivienne V. Phytosterols and health implications: chemical nature and occurrence. *Inform*, 2001;12:808–813.
15. Vivienne V. Phytosterols and health implications: commercial products and their regulation. *Inform*, 2001;12:1011–1013.
16. Vivienne V. Phytosterols and health implications: efficacy and nutritional aspects. *Inform*, 2001;12:899–903.
17. Sen Yi. The physiological function of phytosterols and stanols. *Cereals & Oils*, 1999;1:46–47.
18. Liu W., Zhang P. The health function and extraction methods of phospholipids. *Shanxi Science and Technology*, 2002;1:45–46.
19. Liu Ya. Development of compoundings and technology of the roll with the stuffing from powder of cedar cake. *Proceedings from Innovative trends in the development of Russian science: IX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh*. (PP. 29–31), Krasnoyarsk, Krasnoyarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2016. EDN ZQAYXB (in Russ.).
20. Lyu Ya. Development of a new assortment of flour confectionery and bakery products with the use of *Pinus Sibirica* oil cake. *Extended abstract of candidate's thesis*. Krasnoyarsk, 2016, 22 p. EDN ZQAYXB (in Russ.).
21. Kovalev N. I., Kutkina M. N., Kravtsova V. A. *Food preparation technologies*, Moscow, Delovaya literatura, 1999, 480 p. (in Russ.).

© Типсина Н. Н., Демиденко Г. А., 2025

Статья поступила в редакцию 17.03.2025; одобрена после рецензирования 15.05.2025; принята к публикации 26.05.2025.

The article was submitted 17.03.2025; approved after reviewing 15.05.2025; accepted for publication 26.05.2025.

Информация об авторах

Типсина Нелля Николаевна, доктор технических наук, профессор-консультант, Красноярский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2902-6693>, txkimp@mail.ru;

Демиденко Галина Александровна, доктор биологических наук, профессор, Красноярский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9268-585X>, Author ID: 309613, demidenkoekos@mail.ru

Information about the authors

Nellya N. Tipsina, Doctor of Technical Sciences, Consulting Professor, Krasnoyarsk State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2902-6693>, txkimp@mail.ru;

Galina A. Demidenko, Doctor of Biological Sciences, Professor, Krasnoyarsk State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9268-585X>, Author ID: 309613, demidenkoekos@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 543.645.6

EDN WCNSDZ

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-155-161>**Влияние микрокапсулирования биопептида на его стабильность
в модели желудочно-кишечного тракта в эксперименте *in vitro*****Сергей Леонидович Тихонов¹, Наталья Валерьевна Тихонова²**¹ Уральский государственный лесотехнический университет

Свердловская область, Екатеринбург, Россия

^{1,2} Уральский государственный аграрный университет

Свердловская область, Екатеринбург, Россия

¹ tihonov75@bk.ru

Аннотация. Биоактивные пептиды представляют собой короткие последовательности аминокислот, обладающие широким спектром физиологической активности, включая антигипертензивные, антиоксидантные и противодиабетические свойства. Однако их клиническое и пищевое применение ограничено низкой устойчивостью в организме, особенно в желудочно-кишечном тракте, где ферменты быстро разрушают пептиды, снижая их биологическую активность. В данном исследовании рассмотрен метод микрокапсуляции биоактивного пептида SP-20 (SQKKKNCPNGTRIRVPGPGP) в псевдокипящем слое с целью повышения его устойчивости в модели желудочно-кишечного тракта. Определение стабильности свободного и микрокапсулированного пептида проводилось на последовательных этапах пищеварения: ротовая полость, желудок, кишечник. Исследования *in vitro* показали, что микрокапсулированный пептид сохраняет активность в кишечнике на 36 % после 4 часов переваривания, а его высвобождение происходит в течение 9 часов, что в 1,8 раза превышает показатели свободного пептида. Полученные результаты подтверждают эффективность микрокапсуляции для защиты биоактивных пептидов, обеспечивая их целевую доставку и пролонгированное высвобождение, что открывает перспективы для разработки функциональных пищевых продуктов и новых терапевтических решений.

Ключевые слова: биоактивные пептиды, биодоступность, мальтодекстрин, инкапсуляция, стабильность пептидов

Для цитирования: Тихонов С. Л., Тихонова Н. В. Влияние микрокапсулирования биопептида на его стабильность в модели желудочно-кишечного тракта в эксперименте *in vitro* // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 2. С. 155–161. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-155-161>.

Original article

**Effect of microencapsulated biopeptide on its stability
in gastrointestinal tract model in *in-vitro* studies****Sergey L. Tikhonov¹, Natalya V. Tikhonova²**¹ Ural State Forestry University, Sverdlovsk region, Ekaterinburg, Russian Federation^{1,2} Ural State Agrarian University, Sverdlovsk region, Ekaterinburg, Russian Federation¹ tihonov75@bk.ru

Abstract. Bioactive peptides are short sequences of amino acids with a wide range of physiological activities, including antihypertensive, antioxidant, and antidiabetic properties. However, their clinical and nutritional use is limited by their low resistance in the body, especially in the gastrointestinal tract, where enzymes rapidly destroy peptides, reducing their biological activity. In this study, a method of microencapsulation of bioactive peptides SP-20 (SQKKKNCPNGTRIRVPGPGP) in a

fluidized bed is considered to increase its stability in the gastrointestinal tract model. The stability of the free and microencapsulated peptide was determined at successive stages of digestion: oral cavity, stomach, intestines. *In vitro* studies have shown that the microencapsulated peptide remains active in the intestine by 36% after 4 hours of digestion, and its release occurs within 9 hours, which is 1,8 times higher than the free peptide. The results obtained confirm the effectiveness of microencapsulation for the protection of bioactive peptides, ensuring their targeted delivery and prolonged release. It opens prospects for the development of functional food products and new therapeutic solutions.

Keywords: bioactive peptides, bioavailability, maltodextrin, encapsulation, stability of peptides

For citation: Tikhonov S. L., Tikhonova N. V. Effect of microencapsulated biopeptide on its stability in gastrointestinal tract model in *in-vitro* studies. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;2:155–161. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-2-155-161>.

Введение. Биоактивные пептиды – это небольшие фрагменты, обычно состоящие из 2–50 аминокислот, соединенных пептидными связями [1].

Биоактивные пептиды обладают различными активностями, в частности могут профилактировать гипертонию и сахарный диабет 2 типа, ингибировать ангиотензинпревращающий фермент (АПФ) и дипептидилпептидазу IV (DPP-IV), активность которых тесно связана с развитием гипертонии и накоплением глюкозы в крови [2].

Исследования показали, что пептиды с последовательностью от 2 до 8 аминокислот, содержащие гидрофобные остатки, такие как аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота и пролин, могут подавлять активность вышеуказанных ферментов [3–5].

Пептиды с антиоксидантной активностью обычно содержат в своей последовательности такие аминокислоты, как пролин, гистидин, тирозин, триптофан, метионин и цистеин, а также гидрофобные аминокислоты, такие как валин и лейцин, в конце цепочки [6]. Следовательно, биологическая активность пептидов зависит от их аминокислотной последовательности, на которую влияют источник белка и используемый метод гидролиза. Биологическая активность пептидов выше, чем у свободных аминокислот, поскольку физико-химические свойства пептидов зависят от аминокислотной последовательности. В этой связи для сохранения биологической активности данных соединений важно избегать их гидролиза во время обработки и хранения продуктов, а также при прохождении через желудочно-кишечный тракт [7].

Биоактивные пептиды обладают низкой физико-химической стабильностью и могут гидролизироваться до того, как попадут в органы-мишени, поэтому их применение в функциональных продуктах питания, добавках или лекарственных препаратах ограничено [8].

Одним из перспективных направлений развития пищевой биотехнологии является разработка новых продуктов питания функциональной направленности [9], способов сохранения биологической активности действующих веществ, в том числе биопептидов в пищевых системах, и обеспечение их биодоступности в конкретном отделе желудочно-кишечного тракта. Инкапсуляция является альтернативой для сохранения биоактивности пептидов [10].

Однако при выборе метода инкапсуляции и материала оболочки необходимо учитывать размер, аминокислотную последовательность и растворимость пептидов. Поскольку большинство биоактивных пептидов содержат гидрофобные аминокислоты, следует выбирать материалы для оболочки и методы инкапсуляции, которые могут их стабилизировать. Влияние инкапсуляции на биологическую активность и стабильность пептидов, полученных из растительных источников, зависит от метода инкапсуляции, используемых материалов для стенок и условий, применяемых в процессе инкапсуляции. Эти факторы определяют форму, размер, структуру и физико-химические свойства капсул, которые тесно связаны со стабильностью пептидов при хранении и их контролируемом высвобождении. Всасывание биоактивных пептидов оказывает значительное влияние на их био-

логическое воздействие. В процессе пищеварения биоактивные пептиды должны противостоять действию ферментов, присутствующих в желудочно-кишечном тракте, чтобы достичь органов-мишеней в достаточной концентрации и не подвергнуться гидролизу, в результате чего они могли бы оказывать биологическое воздействие [11]. Гидролиз пептидов перед всасыванием снижает их биологическую активность. В тонком кишечнике многие протеазы распределены между просветом и мембраной эпителиальных клеток, которые могут гидролизовать пептиды еще до того, как они проникнут в кровоток [12].

Несмотря на современные разработки в области технологии микрокапсулирования биологически активных веществ, на фармацевтическом рынке недостаточно пептидных лекарств перорального применения с длительным действием, вероятно, из-за ограниченных знаний об их свойствах (иммуногенность, токсичность, разлагаемость (биодеструкция), совместимость пептидных полимеров, воспроизводимость в промышленных масштабах). Более того, пищевые продукты, имеющие в составе синтетические микрокапсулированные биопептиды, еще не разработаны и, соответственно, отсутствуют на потребительском рынке.

Цель исследования – оценка влияния микрокапсуляции в псевдокипящем слое пептида на стабильность в модели желудочно-кишечного тракта.

Методика исследований. В качестве объекта исследований использовали биологически активный пептид с последовательностью SQKKKNCPNGTRIRVPGGP с условным названием SP-20.

Микрокапсулирование соответствующего пептида проводили в псевдокипящем слое в 10-процентном растворе мальтодекстрина. Расчетную скорость витания частиц пептида рассчитывали по формуле (1), как критическую скорость витания конгломерата пептида ($v_{кр}$) по полуэмпирической зависимости Аэрова-Тодеса:

$$v_{кр} = \frac{Ar \cdot v/d}{18 + 0,61 \cdot \sqrt{Ar}} \quad (1)$$

где Ar – критерий Архимеда;

v – коэффициент кинематической вязкости воздушной смеси;

d – размер конгломерата пептида.

Определение стабильности свободного и микрокапсулированного пептида устанавливали в модели желудочно-кишечного тракта (ротовая полость, желудок, кишечник).

Модель ротовой полости состояла из 2 мл слюны (температура – 36,6 °С, время обработки пептида – 120 с).

Модель желудка включала 400 мл дистиллированной воды, 30 мл препарата «Желудочный сок «Эквин» (время обработки пептида – 8 часов, температура – 36,6 °С при скорости вращения мешалки 60 об/мин).

Модель кишечника включала по одной таблетки панкреатина 25 ЕД и аллохола; 200 мл дистиллированной воды (время обработки – 4 часа, температура – 36,6 °С, скорость вращения мешалки 60 об/мин).

Результаты исследований и их обсуждение. На первом этапе определяли оптимальное время нанесения природного полимера (мальтодекстрина) на биопептид. Результаты позволили получить графическую зависимость толщины нанесенного 10-процентного раствора мальтодекстрина на поверхность биопептидов в зависимости от времени микрокапсулирования (рис. 1).

Через 2 минуты нахождения биопептидов в псевдокипящем слое при скорости витания частиц пептида, составляющей $0,35 \times 10^{-3}$ мкм/мин, образуется защитный поверхностный слой толщиной 12 мкм; после 3 минут он равен 14 мкм, а после 5 минут обработки – 16 мкм.

Таким образом, через 2 минуты скорость образования слоя замедлилась до уровня 2 мкм/мин. За последующие 9 минут толщина слоя мальтодекстрина вокруг пептида увеличилась до 20 мкм. Средняя скорость прирастания толщины слоя составила около 0,2 мкм/мин.

Следовательно, оптимальная продолжительность обработки пептида в псевдокипящем слое мальтодекстрина была в диапазоне 2–5 минут.

Проведены исследования стабильности свободного и микрокапсулированного синтезированного пептида SP-20 с использованием матричной стенки вокруг активного соединения. Это позволило получить прочные микрокапсулы, устойчивые к действию ферментов же-

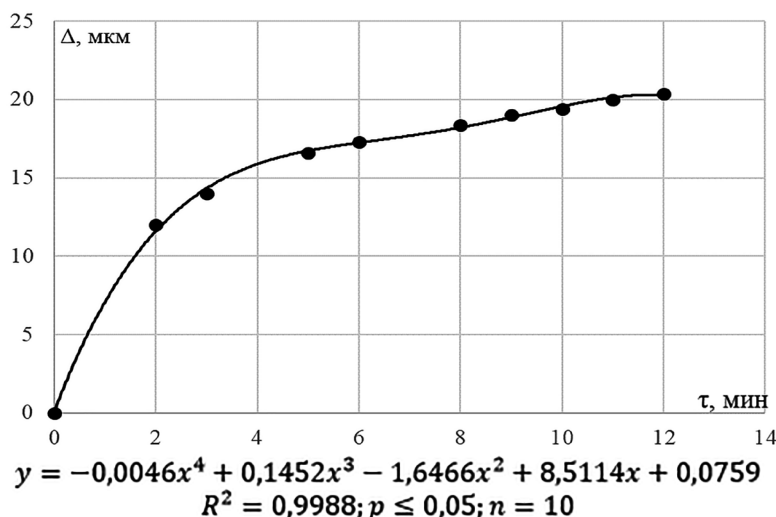


Рисунок 1 – Зависимость толщины защитного слоя пептида от времени обработки 10-процентным раствором мальтодекстрина
Figure 1 – Dependence of the thickness of the protective layer of the peptide on the time of treatment with a 10% maltodextrin solution

лудочно-кишечного тракта. На рисунке 2 представлены результаты оценки стабильности свободного и микрокапсулированного пептида в модели желудочно-кишечного пищеварения *in vitro*.

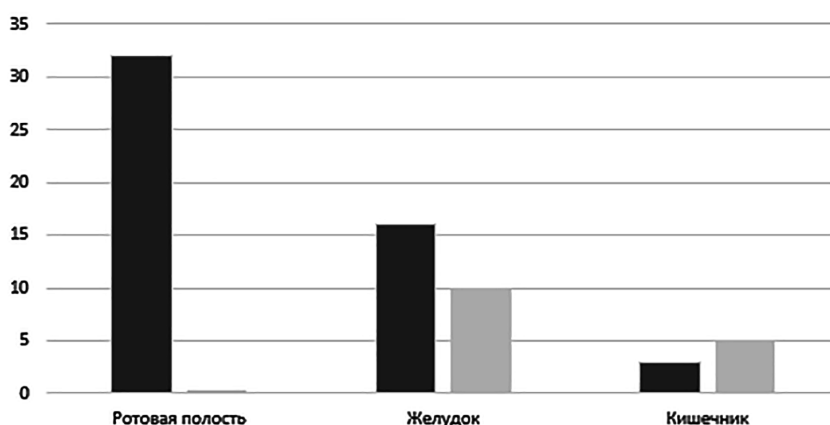
В результате представленных исследований установлено, что микрокапсулированный пептид достигает кишечника. Там происходит гидролиз микрокапсулированного пептида.

При этом стабильность пептида через 4 часа переваривания в кишечнике составляет 36 %, время его высвобождения

достигает 9 часов. Это выше по сравнению со свободным пептидом в 1,8 раза.

Закключение. Обосновано использование и доказана эффективность микрокапсулирования биопептидов для обеспечения стабильности и направленного высвобождения в желудочно-кишечном тракте в эксперименте *in vitro*.

Установлено, что микрокапсуляция биопептидов повышает их стабильность в агрессивной среде желудка в 4,6 раза, а также увеличивает время высвобождения в 1,8 раза.



черный цвет – микрокапсулированный пептид; серый цвет – свободный пептид
 black color – microencapsulated peptide; grey color – free peptide

Рисунок 2 – Стабильность свободного и микрокапсулированного пептида в модели желудочно-кишечного пищеварения *in vitro*, %
Figure 2 – Stability of free and microencapsulated peptide in an *in vitro* gastrointestinal digestion model, %

Список источников

1. Fan H., Liu H., Zhang Y., Zhang S., Liu T., Wang D. Review on plant-derived bioactive peptides: biological activities, mechanism of action and utilizations in food development // *Journal of Future Foods*. 2022. Vol. 2. No. 2. P. 143–159. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.03.003>.
2. Ying X., Gao J., Lu J., Ma C., Lv J., Adhikari B. [et al.]. Preparation and drying of water-in-oil-in-water (W/O/W) double emulsion to encapsulate soy peptides // *Food Research International*. 2021. Vol. 141. P. 110148. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110148>.
3. Sato K., Miyasaka S., Tsuji A., Tachi H. Isolation and characterization of peptides with dipeptidyl peptidase IV (DPPIV) inhibitory activity from natto using DPPIV from *Aspergillus oryzae* // *Food Chemistry*. 2018. Vol. 261. P. 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.029>.
4. Mazloomi S. N., Mahoonak A. S., Ghorbani M., Houshmand G. Physicochemical properties of chitosan-coated nanoliposome loaded with orange seed protein hydrolysate // *Journal of Food Engineering*. 2020. Vol. 280. P. 109976. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109976>.
5. Ilhan-Ayisigi E., Budak G., Celiktaş M. S., Sevimli-Gur C., Yesil-Celiktaş O. Anticancer activities of bioactive peptides derived from rice husk both in free and encapsulated form in chitosan // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2021. Vol. 103. P. 381–391. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.08.006>.
6. Gal'yegos Tintore, S., Chel Guerrero, L., Korso Rios, L.Dzh., Matines Ayala, A.L. Peptidy s antioksidantnoy aktivnost'yu iz rastitel'nykh belkov // Segura Campos M., Chel Guerrero L. Ancona (Eds.). *Bioactividad de peptidos derivados de protefnas alimentarias*. Barcelona : OmniaScience, 2013. P. 111–122. <http://dx.doi.org/10.3926/oms.94>.
7. Juárez-Chairez M. F., Cid-Gallegos M. S., Meza-Márquez O. G., Jiménez-Martínez C. Biological functions of peptides from legumes in gastrointestinal health. A review legume peptides with gastrointestinal protection // *Journal of Food Biochemistry*. 2022. Vol. 46. No. 3. P. e14308.
8. Karami Z., Akbari-Adergani B. Bioactive food derived peptides: a review on correlation between structure of bioactive peptides and their functional properties // *Journal of Food Science and Technology*. 2019. Vol. 56. P. 535–547. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3549-4>.
9. Решетник Е. И., Шарипова Т. В., Максимюк В. А. Возможность использования нутовой муки в производстве мясорастительных полуфабрикатов для геродиетического питания // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2014. № 1 (29). С. 48–51. EDN TMWSRL.
10. Li M., Guo Q., Lin Y., Bao H., Miao S. Recent progress in microencapsulation of active peptides – wall material, preparation, and application: a review // *Foods*. 2023. Vol. 12. No. 4. P. 896. <https://doi.org/10.3390/foods12040896>.
11. Bhandari D., Rafiq S., Gat Y., Gat P., Waghmare R., Kumar V. A review on bioactive peptides: physiological functions, bioavailability and safety // *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*. 2020. Vol. 26. P. 139–150. <https://doi.org/10.1007/s10989-019-09823-5>.
12. Yakubchik A., Karas' M., Rybchinska-Tkachik K., Zelinska Ye., Zelinski D. Sovremennyye tendentsii v oblasti bioaktivnykh peptidov – novyye istochniki i terapevticheskiy effekt // *Produkty pitaniya*, 2020;9;7:846. chas <https://doi.org/10.3390/foods9070846>.

References

1. Fan H., Liu H., Zhang Y., Zhang S., Liu T., Wang D. Review on plant-derived bioactive peptides: biological activities, mechanism of action and utilizations in food development. *Journal of Future Foods*, 2022;2;2:143–159. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.03.003>.
2. Ying X., Gao J., Lu J., Ma C., Lv J., Adhikari B. [et al.]. Preparation and drying of water-in-oil-in-water (W/O/W) double emulsion to encapsulate soy peptides. *Food Research International*, 2021;141:110148. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110148>.

3. Sato K., Miyasaka S., Tsuji A., Tachi H. Isolation and characterization of peptides with dipeptidyl peptidase IV (DPPIV) inhibitory activity from natto using DPPIV from *Aspergillus oryzae*. Food Chemistry, 2018;261:51–56. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.029>.
4. Mazloomi S. N., Mahoonak A. S., Ghorbani M., Houshmand G. Physicochemical properties of chitosan-coated nanoliposome loaded with orange seed protein hydrolysate. Journal of Food Engineering, 2020;280:109976. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109976>.
5. Ilhan-Ayisigi E., Budak G., Celiktas M. S., Sevimli-Gur C., Yesil-Celiktas O. Anticancer activities of bioactive peptides derived from rice husk both in free and encapsulated form in chitosan. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2021;103:381–391. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.08.006>.
6. Gal'yegos Tintore, S., Chel Guerrero, L., Korsó Rios, L.Dzh., Matines Ayala, A.L. (2013). Peptidy s antioksidantnoy aktivnost'yu iz rastitel'nykh belkov. V M. Segura Kampos, L. Chel Guerrero i D. Betankur Ankona (red.), Bioaktivnost' peptidov, poluchennykh iz pishchevykh belkov 2013. pp. 111-122. Barselona: OmniaScience. (in Spanish) <http://dx.doi.org/10.3926/oms.94>.
7. Juárez-Chairez M. F., Cid-Gallegos M. S., Meza-Márquez O. G., Jiménez-Martínez C. Biological functions of peptides from legumes in gastrointestinal health. A review legume peptides with gastrointestinal protection. Journal of Food Biochemistry, 2022;46;3:e14308.
8. Karami Z., Akbari-Adergani B. Bioactive food derived peptides: a review on correlation between structure of bioactive peptides and their functional properties. Journal of Food Science and Technology, 2019;56:535–547. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3549-4>.
9. Reshetnik E. I., Sharipova T. V., Maksimyuk V. A. Possibility of application chick-pea flour in the production of meat-vegetable prepared foods for elderly nutrition. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2014;1(29):48–51. EDN TMWSRL (in Russ.).
10. Li M., Guo Q., Lin Y., Bao H., Miao S. Recent progress in microencapsulation of active peptides – wall material, preparation, and application: a review. Foods, 2023;12;4:896. <https://doi.org/10.3390/foods12040896>.
11. Bhandari D., Rafiq S., Gat Y., Gat P., Waghmare R., Kumar V. A review on bioactive peptides: physiological functions, bioavailability and safety. International Journal of Peptide Research and Therapeutics, 2020;26:139–150. <https://doi.org/10.1007/s10989-019-09823-5>.
12. Yakubchik A., Karas' M., Rybchinska-Tkachik K., Zelinska Ye., Zelinski D. Sovremennyye tendentsii v oblasti bioaktivnykh peptidov – novyye istochniki i terapevticheskiy effekt. Produkty pitaniya, 2020;9;7:846. chas <https://doi.org/10.3390/foods9070846>. (in Polish)

© Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., 2025

Статья поступила в редакцию 13.04.2025; одобрена после рецензирования 14.05.2025; принята к публикации 20.05.2025.

The article was submitted 13.04.2025; approved after reviewing 14.05.2025; accepted for publication 20.05.2025.

Информация об авторах

Тихонов Сергей Леонидович, доктор технических наук, профессор кафедры высшей школы биотехнологии, Уральский государственный лесотехнический университет; профессор кафедры пищевой инженерии и аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет, tihonov75@bk.ru;

Тихонова Наталья Валерьевна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой пищевой инженерии и аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет

Information about the authors

Sergey L. Tikhonov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Departments of the Higher School of Biotechnology, 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, Professor; 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.



Павел Викторович Тихончук – ректор, ученый, лидер

23 мая 2025 года исполнилось 60 лет доктору сельскохозяйственных наук, профессору, председателю диссертационного совета, ректору университета Павлу Викторовичу Тихончуку. Юбилей – замечательный повод для того, чтобы вспомнить и отметить его вклад в развитие нашего вуза, достижения и результаты работы, которые вдохновляют всех нас.

Формирование научной школы: от ученика к учителю. Научная карьера Павла Викторовича началась в Родионовской средней школе и продолжилась в Благовещенском сельскохозяйственном институте, где он изучал агрономию. Его научные исследования сосредоточились на сое – важной культуре для Дальнего Востока. Под руководством Александра Яновича Ала он защитил кандидатскую диссертацию в 1990 г. на тему «Получение межвидовых гибридов сои и их характеристика по хозяйственно ценным признакам» и докторскую в 2004 г. на тему «Экологические основы повышения адаптивного потенциала сои», что положило начало его научной школе по селекции, семеноводству и агротехнологиям сельскохозяйственных культур.

С 1995 по 2003 гг., будучи директором научно-исследовательского института «Селекции и технологии в растениеводстве», он объединил разрозненные лаборатории в единый исследовательский центр, что способствовало подготовке высококвалифицированных научных кадров. Под его руководством успешно защитились 10 кандидатов и 2 доктора наук. Автор более 160 научных и учебно-методических работ, 15 патентов, 6 монографий, включая фундаментальные труды по системам земледелия и животноводства Амурской области, одного авторского свидетельства о регистрации программы для ЭВМ. По его инициативе с 2007 г. издается научно-практический журнал «Дальневосточный аграрный вестник», который включен в перечень ВАК. Павел Викторович является его главным редактором.

Роль ректора в развитии региональной системы селекции и семеноводства. Павел Викторович стал вторым ректором с агрономическим образованием, продолжая традиции своих предшественников. Под его руководством университет стал ключевым игроком в селекции и семеноводстве Дальнего Востока, закрепив за собой статус основного звена в системе семеноводства региона. Он осуществляет полный цикл работ – от создания сортов до производства оригинальных семян, в партнерстве с ведущими сельхозтоваропроизводителями и разработкой сортовых технологий. Отдел семеноводства университета производит более 300 тонн оригинальных семян ежегодно. Университет также включен в Реестр семеноводческих хозяйств РФ, что подтверждает его статус в этой области. Он активно развивает связи между наукой и производством, что позволило заложить традиции, которые способствовали успешному функционированию отдела семеноводства.

По результатам оценки деятельности Министерством сельского хозяйства РФ университет был включен в группу головных вузов с отраслевой специализацией в области генетики и селекции растений. Таким образом, Дальневосточный ГАУ – единственный вуз Дальневосточного федерального округа, который входит в реестр семеноводческих хозяйств Российской Федерации. Он является оригинатором сортов яровой мягкой пшени-

цы, ярового ячменя, сои и плодово-ягодных культур. Развитие опытной инфраструктуры на базе отдела семеноводства и базовых центров университета является ключевым элементом для повышения эффективности сельского хозяйства и обеспечения продовольственной безопасности.

От успехов в селекции к успехам в менеджменте высшего образования региона. С 2011 г. Павел Викторович руководит университетом, обеспечивая его финансовую устойчивость и привлекая средства национальных проектов. Он активно делится опытом с другими вузами, что способствовало развитию высшего образования в регионе. Под его руководством университет вошел в топ-10 вузов по выполнению целевой квоты набора студентов и стал хабом по экспорту аграрного образования в Китай. Благодаря его усилиям университет стал участником пилотного проекта Минсельхоза РФ по созданию агротехнологических классов и активно развивает международное сотрудничество с академическими и промышленными партнерами Китая.

В целях удовлетворения потребности АПК региона в специалистах среднего профессионального звена в 2018 г. в университете был создан факультет среднего профессионального образования, который в 2022 г. преобразован в Агротехнологический колледж. В 2020 г. по инициативе Павла Викторовича создан музейный комплекс, который объединяет музей истории университета, музей природы, музей культуры Китая и музей культуры Японии. С 2023 г. в университете открыт Военно-учебный центр и возобновлена подготовка студентов по программам военной подготовки сержантов и солдат запаса.

Участие университета в программе «Приоритет 2030» стало результатом стратегического видения Павла Викторовича. Создан комплекс научных лабораторий и центров. Активно ведутся исследования совместно с промышленными партнерами. Университет достиг значительных успехов, увеличив студенческий контингент на 26 % и повысив долю иностранных студентов в три раза. В рамках программы реализуются новые образовательные проекты, направленные на подготовку специалистов для АПК, включая магистратуру по цифровизации в отрасли и профессиональную переподготовку по эксплуатации беспилотных авиационных систем.

Павел Викторович на высоком профессиональном уровне преподает профильные дисциплины по растениеводству, передавая научные достижения через предмет. За активное участие в общественно-политической жизни региона он награжден благодарностью Президента Российской Федерации. За эффективное руководство университетом и значительный вклад в развитие науки и образования Павлу Викторовичу в 2021 г. присуждено звание лауреата общенациональной премии Российского профессорского собрания – «Ректор года» в номинации «аграрные вузы». Он является почетным работником высшего образования.

Павел Викторович продолжает вносить значительный вклад в развитие аграрного образования и подготовку специалистов для агропромышленного комплекса региона и России. В основе успешного развития Дальневосточного ГАУ лежит эффективное использование конкурентных преимуществ вуза, основанных на многолетних достижениях университета, включая сильные научные школы и уникальные методы подготовки кадров, как результат тесного взаимодействия с индустрией и академических обменов с КНР.

С 2007 по 2013 гг. и с 2023 г. по настоящее время Павел Викторович является председателем диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций по научной специальности «Общее земледелие и растениеводство» (сельскохозяйственные науки) при федеральном государственном образовательном учреждении высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет».

На XXIV Всероссийской агропромышленной выставке «Золотая осень-2022» за создание сорта сои «Дебют» Павел Викторович и его коллеги – ученые-селекционеры награждены бронзовой медалью.

Уважаемый Павел Викторович, сотрудники и студенты Дальневосточного ГАУ выражают Вам искреннюю благодарность за ваш труд и преданность делу. Желаем здоровья, энергии и дальнейших успехов на благо нашего университета и региона! Пусть ваша жизнь будет полна ярких впечатлений, а работа открывает новые интересные грани и неизменно сопутствует успех во всех начинаниях.



Сергей Васильевич Щитов – ученый, педагог, наставник

9 мая 2025 года исполнилось 70 лет доктору технических наук, профессору кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, председателю диссертационного совета, члену редакционной коллегии научного журнала «Дальневосточный аграрный вестник» Сергею Васильевичу Щитову.

Сергей Васильевич – авторитетный ученый, специалист в области технологий и средств механизации сельского хозяйства, доктор технических наук, профессор.

На протяжении 48 лет трудовая деятельность Сергея Васильевича тесно связана с Дальневосточным государственным аграрным университетом. Его профессиональный опыт был востребован на всех должностях, от ассистента до проректора по учебной работе. Много лет он занимается подготовкой специалистов, бакалавров, магистров для агропромышленного комплекса области и России. За заслуги в научно-педагогической деятельности, подготовку квалифицированных специалистов и многолетнюю добросовестную работу Сергей Васильевич удостоен звания «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации» (2002 г.), а также награжден многочисленными грамотами и благодарностями областного и федерального уровней.

Сергей Васильевич – создатель и руководитель научной школы, из которой вышли кандидаты и доктора технических наук – ученые, занимающиеся исследованием закономерностей механизированных технологических процессов и операций, вопросов разработки технических средств, оптимизации их конструктивных параметров и режимов работы. Благодаря его умению быть организатором научной работы, возглавляемый им научный коллектив подготовил и опубликовал более 1 000 научных и учебных работ, в том числе 10 монографий; получено более 90 патентов на изобретение и свидетельств на программы для ЭВМ. Под его руководством подготовлено и защищено 4 докторских и 10 кандидатских диссертаций.

С 2013 г. Сергей Васильевич являлся членом диссертационного совета; с 2023 г. он становится председателем диссертационного совета по научной специальности 4.3.1 «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса» (технические науки) при федеральном государственном образовательном учреждении высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет». Ответственная работа на данном посту обеспечивает необходимый уровень подготовки кадров высшей квалификации и объективность оценки диссертационных работ на этапе их защиты.

С 2015 г. Сергей Васильевич член редколлегии научно-практического журнала «Дальневосточный аграрный вестник»; с 2022 г. – член редколлегии научно-практического журнала «Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии».

В течение многих лет Сергей Васильевич являлся членом Ученого совета Дальневосточного государственного аграрного университета.

По итогам участия в XXV Всероссийской агропромышленной выставке «Золотая осень-2023» Сергей Васильевич награжден золотой медалью за разработку рекупераци-

онных моделей для подогрева основных узлов автомобилей в условиях Дальнего Востока и серебряной медалью за подготовку и выпуск монографии «Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в условиях низкотемпературной эксплуатации».

Многогранная научная, педагогическая и общественная деятельность Сергея Васильевича Щитова получила широкое признание. Он пользуется заслуженным авторитетом среди своих коллег и специалистов агропромышленного комплекса Амурской области, а также далеко за ее пределами. Продолжая сегодня работать в должности профессора кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК Дальневосточного ГАУ, Сергей Васильевич служит примером высочайшего профессионализма, трудолюбия и беззаветной преданности своему делу.

Профессионализм и мудрость, принципиальность и доброжелательность Сергея Васильевича вызывают уважение коллег и студентов, являют собой пример истинного служения науке и образованию.

Уважаемый Сергей Васильевич, коллеги, студенты и аспиранты Дальневосточного ГАУ выражают Вам искреннюю благодарность за ваш труд и преданность делу. Желаем крепкого здоровья, благополучия и профессиональных успехов на благо нашего университета и Амурской области!

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).
- 4.3.3. 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 шести, то указывают первые шесть 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.

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