

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

**Науменко А. В.**, заместитель главного редактора, канд. с.-х. наук, проректор по научной работе ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ

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

**Редакционный совет:**

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

**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);

**Друзьянова В. П.**, докт. техн. наук, профессор, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова;

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

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

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

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

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

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

**Тихонов С. Л.**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии хранения и переработки плодовоовощной и растениеводческой продукции ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»;

**Хамгаева И. С.**, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления»;

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

**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»

**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;

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

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

**Миллер Т. В.**, канд. биол. наук, доцент кафедры патологии, морфологии и физиологии ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ;

**Овчинников А. А.**, д-р с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой кафедры кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»;

**Решетник Е. И.**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ;

**Темираев Р. Б.** – д-р с.х. наук, профессор, заведующий кафедрой биологии ФГБОУ ВО Горский государственный аграрный университет;

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

**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»;

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

**Шишилов С. А.**, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Приморская государственная сельскохозяйственная академия;

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

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

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

Зарегистрирован Федеральной  
службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий  
и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)  
Запись о регистрации  
ПИ № ФС 77-78057  
27.03.2020

Подписной индекс  
в Объединенном каталоге  
«ПРЕССА РОССИИ»  
**94054 (полугодовая);**  
Онлайн подписка:  
[https://www.pressa-ru.ru/cat/1/  
edition/194054/](https://www.pressa-ru.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 № 1037  
по состоянию на 17.07.2023)**

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](http://www.vestnik.dalgau.ru)  
e-mail: [DVagrovestnik@dalgau.ru](mailto:DVagrovestnik@dalgau.ru)

<p style="text-align: center;">Ministry of Agriculture of the Russian Federation Far Eastern State Agrarian University  <b>FAR EASTERN AGRARIAN BULLETIN</b>  Scientific and Practical Journal  Issued since 2007  Issued quarterly</p>	<p style="text-align: center;"><b>Vol. 17. No. 3</b>  July – September 2023</p>
<p><i>P. V. Tikhonchuk</i>, Chairman of Drafting Committee, Editor-in-Chief, Dr. Agr. Sci., Professor, Rector of the Far Eastern State Agrarian University  <i>A. V. Naumenko</i>, Deputy Editor-in-Chief, Cand. Agr. Sci., Vice-rector for Scientific Work of the Far Eastern State Agrarian University  <i>O. F. Ovchinnikova</i>, Executive Secretary, Senior Teacher of the Department of Agro-Industrial Complex Economics, Far Eastern State Agrarian University</p> <p><b>Editorial Council:</b></p> <p><i>T. A. Aseeva</i>, Dr. Agr. Sci., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Far Eastern Research Institute of Agriculture;  <i>A. A. Belko</i>, 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;  <i>L. N. Vladimirov</i>, 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);  <i>V. P. Druzyanova</i>, Dr. Tech. Sci., Professor, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov;  <i>A. N. Emelyanov</i>, Cand. Agr. Sci., Senior Researcher, Director of the Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A. K. Chaika;  <i>A. G. Klykov</i>, Dr. Biol. Sci., Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Selection and Biotechnology of Agricultural Crops, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A. K. Chaika;  <i>A. E. Komin</i>, Cand. Agr. Sci., Assistant Professor, Rector of the Primorskaya State Academy of Agriculture;  <i>Li Hongpeng</i>, Dr. Agr. Sci., Senior Researcher, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, China;  <i>M. E. Ostyakova</i>, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Director of the Far Eastern Areal Research Veterinary Institute;  <i>V. T. Sinegovskaya</i>, 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;  <i>S. L. Tikhonov</i>, Dr. Tech. Sci., Professor, Head of the Department of Technology of Storage and Processing of Fruit and vegetable and Crop Products, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev;  <i>I. S. Khamagaeva</i>, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Technology of Animal Products of the East Siberia State University of Technology and Management;  <i>Tianfu Han</i>, PhD, Professor, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Institute of Crop Science, China;  <i>M. G. Chabaev</i> – 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</p> <p><b>Editorial Board:</b></p> <p><i>I. N. Gromov</i>, 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;  <i>E. B. Zakharova</i>, Dr. Agr. Sci., Associate Professor of the Department of General Agriculture and Plant Growing of the Far Eastern State Agrarian University;  <i>N. F. Klyuchnikova</i>, Dr. Agr. Sci., Deputy Director of Research of the Far Eastern Research Institute of Agriculture;  <i>N. S. Kukharensko</i>, Dr. Veterinar. Sci., Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology of the Far Eastern State Agrarian University;  <i>T. V. Miller</i>, Cand. Biol. Sci., Associate Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology of the Far Eastern State Agrarian University;  <i>A. A. Ovchinnikov</i>, 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;  <i>E. I. Reshetnik</i>, Dr. Tech. Sci., Professor, Head of the Department of Agricultural Processing Technology of the Far Eastern State Agrarian University;  <i>R. B. Temiraev</i>, Dr. Agr. Sci., Professor, Head of the Department of Biology of the Gorsky State Agrarian University;  <i>N. V. Trush</i>, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Professor of the Department of Biology and Hunting of the Far Eastern State Agrarian University;  <i>E. V. Tuaeava</i>, 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;  <i>R. L. Sharvadze</i>, Dr. Agr. Sci., Professor, Dean of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the Far Eastern State Agrarian University;  <i>S. A. Shishlov</i>, Dr. Tech. Sci., Professor, Primorskaya State Agricultural Academy;  <i>S. V. Shchitov</i>, Dr. Tech. Sci., Professor, Professor of the Department of Transport-Energy Facilities and Mechanization of Agro-Industrial Complex of the Far Eastern State Agrarian University</p>	<p style="text-align: center;">Founder and Publisher –  Far Eastern State  Agrarian University</p> <p>Founder and Publisher Address:  675005, g. Blagoveshchensk,  Amur Region,  street Polytechnik, 86.</p> <p style="text-align: center;">Registered by  Federal Service for Supervision  of Communications,  Information Technology,  and Mass Media  (Roskommadzor)  Registration record  ИИ № ФЦ 77-78057  dated March 27, 2020</p> <p style="text-align: center;">Subscription Indices  in the Catalogue  "PRESS OF RUSSIA"  94054 (semi-annual);  Online subscription:  <a href="https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/i94054/">https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/i94054/</a></p> <p style="text-align: center;">The Journal is presented  in the system of Russian  Science Citation Index (RSCI)  and on the platform  of Scientific Electronic Library  <a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a></p> <p style="text-align: center;">By order of the Higher  Attestation Commission (HAC)  of the Ministry of Education  and Science of the Russian  Federation  dated December 01, 2015:  The Journal has been included in  the List of Reviewed  Scientific Editions,  which shall publish the main  findings of theses:  Ph.D. thesis; doctoral thesis  (HAC's Letter № 13-6518  from 01.12.2015)  (In the HAC List № 1037  for July 17, 2023)</p> <p style="text-align: center;">Editorial office address:  86, Politekhnikeskaya Str.,  Bldg. 1, Rm. 301  Blagoveshchensk,  Amur Region, 675005  Tel. (4162) 995147  Tel./fax (4162) 995127  <a href="http://www.vestnik.dalgau.ru">www.vestnik.dalgau.ru</a>  e-mail: <a href="mailto:DVagrovestnik@dalgau.ru">DVagrovestnik@dalgau.ru</a></p>
<p style="text-align: center;">Format 60x90/8. Edition 600 copies. Order 52. Signing date 20.09.2023. Publication date 30.09.2023. Free price.  Far Eastern State Agrarian University; 86, Politekhnikeskaya str., Blagoveshchensk, Amur Region, 675005  Printing house address: 86, Politekhnikeskaya str., Bldg. 2, Rm. 2, Blagoveshchensk, Amur Region, 675005</p> <p>ISSN 1999-6837 (Print), 2077-9089 (Online) <span style="float: right;">© Far Eastern State Agrarian University, 2023</span></p>	

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АГРОНОМИЯ.....</b>	<b>5</b>
<i>Богдан П. М., Даниленко И. Н., Красковская Н. А.</i> Продуктивность гибридов кукурузы отечественной селекции в условиях Приморского края.....	5
<i>Дедушев И. А., Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Болдырев М. А., Ромахина В. В.</i> Влияние погодных условий и азотного питания на показатели экстрактивности зерна сортов ярового ячменя, созданных в Подмоскowie.....	14
<i>Зацепина И. В.</i> Влияние сроков черенкования форм груши на укореняемость зеленых черенков с помощью регулятора роста растений $\beta$ -индолил-3-масляной кислоты (ИМК).....	27
<i>Пакулина А. П., Тимошенко Э. В., Платонова Т. П.</i> Биохимические особенности сортов и гибридов моркови в условиях Приамурья.....	36
<i>Рафальский С. В., Рафальская О. М.</i> Сравнительная оценка исходного материала картофеля отечественной и зарубежной селекции по признаку клубневой продуктивности в условиях Среднего Приамурья.....	43
<b>ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ.....</b>	<b>57</b>
<i>Зарубин Б. Е., Экономов А. В., Колесников В. В., Козлова А. В., Козлов Ю. А.</i> К вопросу об экономической оценке охоты на глухаря (на примере Кировской области).....	57
<i>Панфилов С. В., Миллер Т. В., Симонова Н. В., Саятина И. Ю., Лашин А. П.</i> Преимущества моделирования оксидативного стресса воздействием переменного магнитного поля низкой частоты.....	69
<b>АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>77</b>
<i>Бурмага А. В., Чубенко А. В., Самуйло В. В., Курков Ю. Б., Винокуров С. А.</i> Обоснование параметров прессующе-формуемого блока пресса для получения корнеплодно-зерновых гранул.....	77
<i>Крючков А. А., Лонцева И. А., Кислов А. А., Курков Ю. Б., Решетник Е. И.</i> Применение отработавших газов для снижения влажности зерна во время уборки.....	88
<i>Мерзлякова Н. В., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В.</i> Разработка мороженого, обогащенного биологически активным пептидом с противовирусными свойствами.....	97
<i>Поликутина Е. С., Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Соболева Н. В.</i> Исследование динамики криволинейного движения автоцистерны с частичным заполнением.....	105
<i>Сахаров В. А., Кувшинов А. А.</i> Результаты исследования применения метода очеса растений сои на корню.....	118
<i>Сивцева Ж. Г., Друзьянова В. П., Спиридонова А. В., Самуйло В. В., Панова Е. В.</i> Пиролизная технология для создания автономного электроснабжения.....	127
<i>Табакаева О. В., Шинкарук П. А., Табакаев А. В.</i> Новая гранулированная кормовая добавка на основе жира сардины тихоокеанской.....	138
<i>Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., Ожгихина А. С., Пестова И. Г.</i> Новый антиоксидантный пептид и механизм биологической активности.....	148
<i>Шишлов С. А., Шишлов А. Н., Фадеев А. А., Шишлов Д. С., Решетник Е. И.</i> К обоснованию формы боковой поверхности ячейки карманного типа для вертикально-дискового аппарата точного посева.....	157
<b>ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК».....</b>	<b>163</b>

## CONTENTS

<b>AGRONOMY</b> .....	<b>5</b>
<i>Bogdan P. M., Danilenko I. N., Kraskovskaya N. A.</i> Productivity of corn hybrids of domestic selection in the conditions of Primorsky krai .....	5
<i>Dedushev I. A., Eroshenko L. M., Romakhin M. M., Boldyrev M. A., Romakhina V. V.</i> Influence of weather conditions and nitrogen nutrition on grain extractivity indicators of spring barley varieties developed in the Moscow region.....	14
<i>Zatsepina I. V.</i> The effect of timing of cuttings of pear forms on the rootability of green cuttings using the plant growth regulator $\beta$ -indolyl-3-butyric acid (IBA) .....	27
<i>Pakusina A. P., Timoshenko E. V., Platonova T. P.</i> Biochemical features of carrot varieties and hybrids in the conditions of Priamurye .....	36
<i>Rafalskiy S. V., Rafalskaya O. M.</i> Comparative assessment of potato source material of domestic and foreign selection based on tuber productivity in the conditions of the Middle Priamurye ....	43
<b>ANIMAL BREEDING AND VETERINARY</b> .....	<b>57</b>
<i>Zarubin B. E., Ekonomov A. V., Kolesnikov V. V., Kozlova A. V., Kozlov Yu. A.</i> On the issue of economic evaluation of capercaillie hunting (in the case of the Kirov region).....	57
<i>Panfilov S. V., Miller T. V., Simonova N. V., Sayapina I. Yu., Lashin A. P.</i> Advantages of modeling oxidative stress with a low frequency alternating magnetic field.....	69
<b>AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES</b> .....	<b>77</b>
<i>Burmaga A. V., Chubenko A. V., Samuilo V. V., Kurkov Yu. B., Vinokurov S. A.</i> Justification of the parameters of the pressing-forming block of the press for obtaining root crops-grain granules .....	77
<i>Kryuchkov A. A., Lontseva I. A., Kislov A. A., Kurkov Yu. B., Reshetnik E. I.</i> The use of exhaust gases to reduce grain moisture during harvesting .....	88
<i>Merzlyakova N. V., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V.</i> Development of ice cream enriched with biologically active peptide with antiviral properties.....	97
<i>Polikutina E. S., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Soboleva N. V.</i> Study of the dynamics of the curvilinear movement of a tank truck with partial filling .....	105
<i>Sakharov V. A., Kuvshinov A. A.</i> The results of the study on the application of the soybean combing method on the vine.....	118
<i>Sivtseva Zh. G., Druzyanova V. P., Spiridonova A. V., Samuilo V. V., Panova E. V.</i> Pyrolysis technology for creating an autonomous power supply .....	127
<i>Tabakaeva O. V., Shinkaruk P. A., Tabakaev A. V.</i> A new granular feed additive based on Pacific sardine fat.....	138
<i>Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Ozhgikhina A. S., Pestova I. G.</i> New antioxidant peptide and mechanism of biological activity .....	148
<i>Shishlov S. A., Shishlov A. N., Fadeev A. A., Shishlov D. S., Reshetnik E. I.</i> To substantiation of the shape of the side surface of a pocket-type cell for a vertical disk precision sowing apparatus .....	157

## АГРОНОМИЯ

## AGRONOMY

Научная статья

УДК 633.15:631.52(571.63)

EDN RAUMEM

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_5

**Продуктивность гибридов кукурузы  
отечественной селекции в условиях Приморского края****Полина Михайловна Богдан<sup>1</sup>, Ирина Николаевна Даниленко<sup>2</sup>,****Наталья Александровна Красковская<sup>3</sup>**<sup>1,2,3</sup> Федеральное научное учреждение агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки  
Приморский край, Тимирязевский, Россия<sup>1</sup> [polina\\_bogdan84@mail.ru](mailto:polina_bogdan84@mail.ru)

**Аннотация.** Цель исследований – подобрать гибриды кукурузы отечественной селекции для возделывания на зерно и зеленый корм в условиях Приморского края. Работа выполнена на экспериментальных участках лаборатории селекции и первичного семеноводства кукурузы Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки в 2020–2022 гг. В среднем за три года выделены гибриды кукурузы отечественной селекции: Машук 220, Ньютон, Байкал, Машук 171, которые формируют урожайность зерна на уровне 7,0–8,0 т/га в пересчете на 14-процентную влажность. На основе вычисления селекционного индекса отобраны гибриды, сочетающие высокую урожайность с низкой уборочной влажностью: Машук 220 – 0,32, Байкал – 0,30, Машук 171 – 0,29, Ньютон – 0,27, К-165 – 0,32. Практический интерес представляют гибриды, показавшие наибольший урожай зеленой массы в опыте (т/га): Ньютон – 50,5, Байкал – 50,0, Машук 220 – 46,6, Машук 171 – 46,1, Машук 175 – 45,4, Машук 172 – 41,2. Высокий сбор сухого вещества с гектара обеспечили гибриды (т/га): Байкал – 19,7, Ньютон – 19,6, Машук 185 МВ – 17,5, Машук 171 – 17,3; наименьшая (8,4 т/га) урожайность у гибрида Сибирский 135. Проведенный корреляционный анализ показал, что урожайность зеленой массы находится в средней отрицательной связи с содержанием сухого вещества в растениях ( $r = -0,62$ ), высокой – с уборочной влажностью зерна ( $r = 0,87$ ), сбором сухого вещества ( $r = 0,94$ ), урожайностью зерна ( $r = 0,83$ ), высотой растений ( $r = 0,77$ ) и высотой прикрепления початков ( $r = 0,67$ ). Проведенные исследования позволили выявить гибриды кукурузы отечественной селекции, перспективные для выращивания на зерно и зеленый корм в условиях Приморского края.

**Ключевые слова:** кукуруза, гибрид, урожайность зерна, зеленая масса, сухое вещество, корреляционная зависимость

**Для цитирования:** Богдан П. М., Даниленко И. Н., Красковская Н. А. Продуктивность гибридов кукурузы отечественной селекции в условиях Приморского края // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 5–13. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_5.

Original article

**Productivity of corn hybrids  
of domestic selection in the conditions of Primorsky krai****Polina M. Bogdan<sup>1</sup>, Irina N. Danilenko<sup>2</sup>, Natalya A. Kraskovskaya<sup>3</sup>**<sup>1,2,3</sup> Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika

Primorsky krai, Timiryazevsky, Russia

<sup>1</sup>[polina\\_bogdan\\_84@mail.ru](mailto:polina_bogdan_84@mail.ru)

**Abstract.** Our research goal was to select corn hybrids of domestic selection suitable for grain and herbage production in the conditions of Primorsky krai. The research was carried out on the experimental plots of the laboratory of selection and primary seed production of corn of the Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika in 2020–2022. On average, over three years, hybrids of corn of domestic breeding were isolated: Mashuk 220, Newton, Baikal, Mashuk 171, which form a grain yield of 7.0–8.0 t/ha in terms of 14 % moisture. Based on the calculation of the breeding index, hybrids were selected that combine high yields with low harvesting moisture: Mashuk 220 – 0.32, Baikal – 0.30, Mashuk 171 – 0.29, Newton – 0.27, K-165 – 0.32. Of practical interest are hybrids that have shown the highest yield of green mass in the experiment (t/ha): Newton – 50.5, Baikal – 50.0, Mashuk 220 – 46.6, Mashuk 171 – 46.1, Mashuk 175 – 45.4, Mashuk 172 – 41.2. The high yield of dry matter per hectare was provided by the following hybrids (t/ha): Baikal – 19.7, Newton – 19.6, Mashuk 185 MV – 17.5, Mashuk 171 – 17.3. Hybrid Sibirskii 135 had the lowest yield of dry matter (8.4 t/ha). The correlation analysis has shown that the yield of green mass is in a medium negative relationship with the dry matter content in plants ( $r = -0.62$ ), and in a high relationship with the harvest moisture content of grain ( $r = 0.87$ ), the collection of dry matter ( $r = 0.94$ ), grain yield ( $r = 0.83$ ), plant height ( $r = 0.77$ ) and cob attachment height ( $r = 0.67$ ). The studies carried out made it possible to identify domestic corn hybrids that are promising for growing for grain and green fodder in the conditions of Primorsky krai.

**Keywords:** corn, hybrid, grain yield, herbage, dry matter, correlation

**For citation:** Bogdan P. M., Danilenko I. N., Kraskovskaya N. A. Produktivnost' gibridov kukuruzy otechestvennoi selektsii v usloviyakh Primorskogo kraya [Productivity of corn hybrids of domestic selection in the conditions of Primorsky krai]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 3: 5–13. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_5.

**Введение.** Приморский край значительно удален от Европейской части России, где расположены основные кукурузо-сеющие районы.

Производство кукурузы, как и других сельскохозяйственных культур, во многом зависит от проявления внешних условий среды. Постепенное изменение климата отмечается в Дальневосточном регионе, в частности в Приморском крае. Так, по данным А. П. Ващенко и др., среднегодовой ход температуры воздуха в Приморье имеет устойчивую тенденцию к повышению от десятилетия к десятилетию. Причем, как показывают имеющиеся измерения агрометеостанции «Тимирязевский», темпы увеличения среднегодовой температуры воздуха все более возрастают. За 95 лет она повысилась более чем в два раза и устойчиво увеличивается в последние годы.

Эта тенденция повышения температурного фона в атмосфере сказывается на продолжительности вегетационного периода – одного из основных условий для роста и развития растений сельскохозяй-

ственных культур. Вегетационный период в 1911–1960 гг. составил 146 дней, в 1961–1980 гг. – 152 дня, в 2003–2007 гг. данный период еще более удлинился и составил 158 дней. Этим объясняется, что в последние десятилетия в Приморском крае полностью вызревают все теплолюбивые культуры – соя, рис и кукуруза [1, С. 19].

Сумма температур выше 10 °С за период вегетации в основных земледельческих районах края (132–155 дней) составляет 2 100–2 600 °С, среднегодовая температура воздуха в последние годы достигает уровня 4,0–4,5 °С [2]. По количеству осадков Приморский край относится к зоне достаточного увлажнения [2].

Кукуруза – одна из основных культур сельскохозяйственного производства края, ее возделывают ежегодно как на зерно, так и на силос. В 2022 г. кукурузой на зерно было засеяно 71,9 тыс. га, площадь на силос достигла 2,85 тыс. га. На протяжении последних лет в крае наблюдается тенденция увеличения валового сбора зерна кукурузы, что обуславливается повышенным интересом сельхозтоваропро-

изводителей к данной культуре и спросом со стороны Азиатско-Тихоокеанского региона.

Валовой сбор кукурузы в 2022 г. по сравнению с 2015 г. вырос почти в три раза и составил 519,0 тыс. тонн при урожайности 7,6 т/га. Следует отметить, что практически 80 % площадей под кукурузой в Приморье засеивалось гибридами зарубежных компаний.

В настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений внесено и допущено к использованию по Дальневосточной зоне 85 гибридов кукурузы, из них – 50,6 % зарубежной селекции. Необходимо отметить, что основная масса гибридов отечественной селекции, внесенных в реестр, относится к ранне-спелым (группа по ФАО – от 100 до 200). Проведенные ранее исследования показали, что климатические условия края позволяют возделывать кукурузу на зерно с ФАО – от 160 до 350 [3, С. 27; 4, С. 24].

В системе мероприятий по повышению урожайности кукурузы важная роль принадлежит внедрению в производство высокопродуктивных гибридов отечественной селекции, наиболее полно отвечающих почвенно-климатическим условиям выращивания, устойчивых к болезням и вредителям.

**Цель исследований** – подобрать гибриды кукурузы отечественной селекции для возделывания на зерно и зеленый корм в условиях Приморского края.

**Материалы и методика исследований.** Работа выполнена в 2020–2022 гг. на экспериментальных участках лаборатории селекции и первичного семеноводства кукурузы Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, который расположен в степной зоне Приморского края. По теплообеспеченности эта зона характеризуется значительной контрастностью.

Объектом исследований являлись 15 гибридов кукурузы отечественной селекции (Дальневосточный НИИ сельского хозяйства, Всероссийский НИИ кукурузы). В качестве стандарта взята рекомендованная для возделывания в Дальневосточном регионе гибридная популяция кукурузы Славянка (Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока

имени А. К. Чайки), относящаяся к среднеранней группе спелости (ФАО – 230).

Опыты по экологическому испытанию гибридов закладывались в трехкратной повторности, площадь делянки составила 28 м<sup>2</sup>. Размещение делянок систематическое.

Возделывание кукурузы в опытах проводилось в соответствии с общепринятой агротехникой возделывания кукурузы в Приморском крае [5]. Норма высева семян составила 80 тыс. шт./га, ширина междурядий – 70 см. Посев и уборка осуществлялись вручную.

Все учеты и наблюдения в опытах проводились по общепринятым методикам [6, 7, 8, 9].

Гидротермические условия в годы проведения исследований были благоприятны для роста и развития кукурузы и варьировали от засушливых (гидротермический коэффициент равен 1,1) в 2021 г. к увлажненным (гидротермический коэффициент от 2,2 до 2,3) в 2020, 2022 гг. (рис. 1).

Почвы опытного участка – лугово-бурые отбеленные, по механическому составу – тяжелые суглинки, с содержанием: органического вещества – 2,66 %, легкогидролизуемого азота – 76 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 62 мг/кг почвы, обменного калия – 163 мг/кг почвы, рН солевой вытяжки – 5,1 ед.; сумма обменных оснований – 19,4 мг. экв./100 г, гидролитическая кислотность – 3,82 ммоль/100 г.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Анализ результатов экологического испытания показал, что урожайность кукурузы была на уровне от 3,3 до 8,0 т/га; максимальная в среднем за три года отмечена у гибридов (т/га): Машук 220 – 8,0, Ньютон – 7,5, Байкал – 7,3, Машук 171 – 7,2. Достоверная прибавка над стандартом равна 1,4–2,2 т/га (табл. 1).

Важное значение для условий Приморского края имеет уборочная влажность зерна, не только с точки зрения экономии энергетических ресурсов, но и для более ранней механизированной уборки. Поэтому в качестве конечной оценки исследуемых гибридов мы использовали показатель «селекционный индекс», который дает возможность учесть селекционную ценность гибрида по урожайности с учетом уборочной влажности зерна [10].

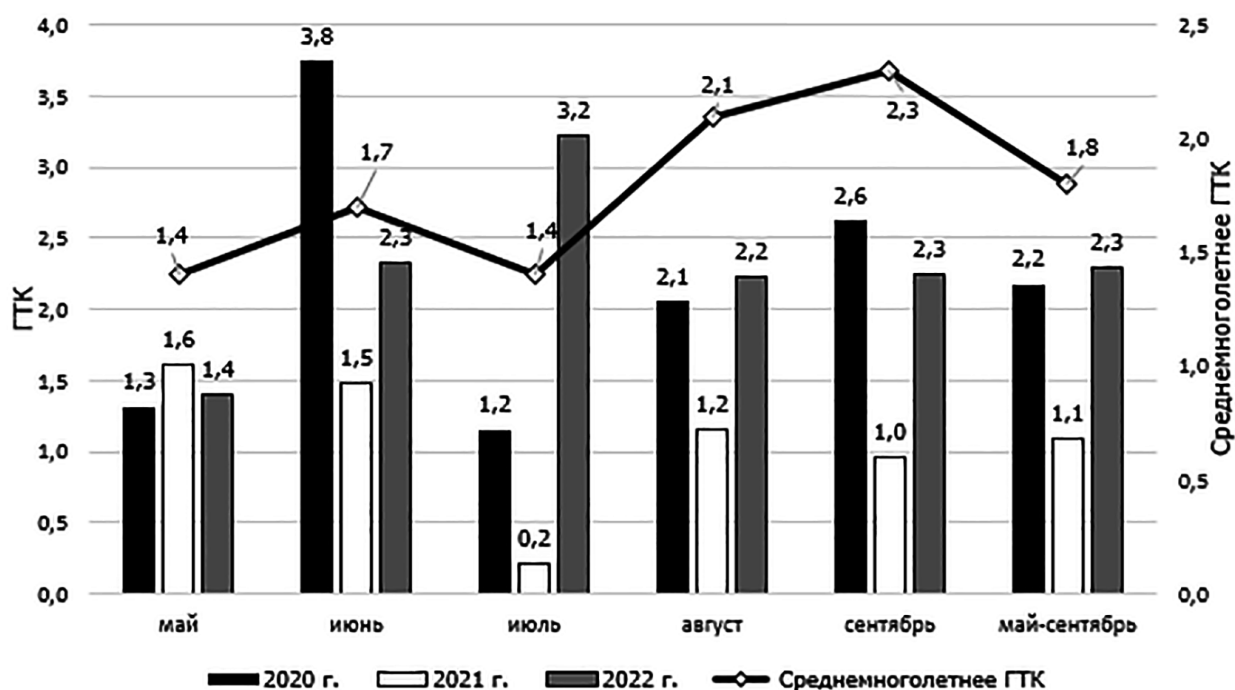


Рисунок 1 – Гидротермические условия в годы исследований  
Figure 1 – Hydrothermal conditions during the years of research

Таблица 1 – Результаты испытания гибридов кукурузы, 2020–2022 гг.  
Table 1 – Results of corn hybrid testing, 2020–2022

Гибрид	Высота растений, см	Урожайность зерна при 14 % влажности, т/га		Уборочная влажность зерна, %	Селекционный индекс
		среднее	$\pm St$		
Славянка, стандарт	207,8	5,8	–	28,8	0,20
НУР	182,5	4,2	–1,6	16,3	0,26
Сибирский 135	197,1	4,7	–1,1	18,6	0,25
К-165	200,3	6,1	+0,3	19,9	0,31
Машук 170	206,2	5,3	–0,5	25,4	0,21
Машук 171	219,0	7,2	+1,4	25,3	0,29
Машук 172	203,3	6,3	+0,5	27,1	0,23
Машук 175	212,2	5,5	–0,3	25,8	0,21
Машук 185 МВ	226,8	6,0	+0,2	22,8	0,26
Катерина СВ	210,3	6,4	+0,6	23,8	0,27
Байкал	229,2	7,3	+1,5	24,5	0,30
Машук 220	227,2	8,0	+2,2	24,9	0,32
Ньютон	206,4	7,5	+1,7	27,6	0,27
Бирсу	189,7	4,1	–1,7	20,5	0,20
Алитет 2	193,1	3,3	–2,5	18,4	0,18
НСР <sub>0,05</sub>	–	0,9	–	–	–



На основе вычисления данного показателя отобраны гибриды, сочетающие высокую урожайность с низкой уборочной влажностью: Машук 220 – 0,32, Байкал – 0,30, Машук 171 – 0,29, Ньютон – 0,27; К-165 – 0,32 (преимущество которого в пониженной влажности зерна при уборке – 19,0 %).

Высота растения – один из основных морфологических признаков, который необходимо учитывать при различных направлениях использования кукурузы. В работе Г. Е. Шмараева отмечается, что при возделывании кукурузы на силос и зеленый корм желательнее использовать высокорослые формы, что будет способствовать повышению урожая вегетативной массы улучшенного качества [11, С. 203]. Гибриды зернового направления должны быть более низкорослыми, пригодными для комбайновой уборки, устойчивыми к полеганию, то есть формировать максимальную урожайность зерна, а не общую биомассу.

Высота растений была в пределах 182,5–226,8 см; наибольшие значения данного признака отмечены у гибридов (см): Байкал – 229,2, Машук 185 МВ – 226,8, Машук 171 – 219,0, Катерина – 210,3 (при 207,8 см у стандарта Славянка).

Технологичность гибрида, наряду с высотой растения, определяется и высотой прикрепления початков. Все гибриды имели достаточную для механизированной уборки высоту прикрепления початков (51,9–77,8 см), что позволяет сохранить энергетически ценную часть урожая.

Создание надежной кормовой базы животноводства – одна из главных задач АПК большинства регионов страны. Важными факторами эффективности гибридов кукурузы является не только формирование высокого урожая, но и возможность приготовить из него высококачественный корм для животных.

В условиях Приморского края следует уделять внимание не только производству зерна кукурузы, но и возделыванию кукурузы на силос с высоким содержанием сухого вещества.

Как высокоэнергетический корм зерно кукурузы пригодно для всех видов животных и птицы. Кукуруза считается главной силосной культурой в мировом

земледелии, так как отличается самым благоприятным соотношением питательных веществ, хорошо силосуется. Кукурузный силос, содержащий значительное количество крахмала, является основным идеальным кормом для жвачных животных [12, С. 2, 13–14].

Кормовая ценность силоса зависит, прежде всего, от содержания початков в массе, степени спелости растений к моменту уборки, переваримости стеблей и листьев [12, С. 3, 15].

В 2021–2022 гг. проведена оценка гибридов кукурузы отечественной селекции по урожайности зеленой массы и сбору сухого вещества (табл. 2).

Практический интерес представляют гибриды, показавшие наибольшую урожайность зеленой массы в опыте (в тоннах на гектар): Ньютон – 50,5, Байкал – 50,0, Машук 220 – 46,6, Машук 171 – 46,1, Машук 175 – 45,4, Машук 172 – 41,2, что говорит о возможности их использования на корм скоту. Максимальная разница между гибридами составила 30,8 т/га.

Все изученные гибриды характеризовались высоким содержанием сухого вещества в зеленой массе (от 35,4 до 43,9 %). Максимальное его содержание отмечено у гибридов Машук 185 МВ (42,7 %), НУР (42,4 %), Сибирский 135 (42,4 %), Бирсу (43,9 %).

Наибольший сбор сухого вещества обеспечили гибриды (в тоннах на гектар): Байкал – 19,7, Ньютон – 19,6, Машук 185 МВ – 17,5, Машук 171 – 17,3; несколько меньше Машук 220 – 16,5, Машук 175 – 16,1; наименьший (8,4 т/га) – Сибирский 135 (вследствие невысокого урожая зеленой массы).

С учетом требований, предъявляемых к кормам из кукурузы, в которых должны преобладать початки как наиболее ценная часть растения, важным критерием преимущества того или иного гибрида является доля початков в сухом веществе. По данному параметру в опыте выделились гибриды Машук 175 и Машук 185 МВ, у которых доля початков в сборе сухого вещества составила 61,2–62,5 %.

Проведенный корреляционный анализ показал, что урожайность зеленой массы находится в средней отрицательной связи с содержанием сухого вещества

**Таблица 2 – Урожайность зеленой массы и сухого вещества гибридов кукурузы, 2021–2022 гг.**

**Table 2 – Yield of green mass and dry matter of corn hybrids, 2021–2022**

Гибрид	Урожайность зеленой массы		Содержание сухого вещества, %	Сбор сухого вещества		Доля початков в сборе сухого вещества, %
	т/га	±St		т/га	±St	
Славянка, стандарт	50,3	–	30,1	15,1	–	40,6
НУР	26,3	–24,0	42,4	11,2	–3,9	48,0
Сибирский 135	19,7	–30,6	42,4	8,4	–6,7	57,6
К-165	31,8	–18,5	36,7	11,7	–3,4	44,8
Машук 170	35,0	–15,3	40,8	14,3	–0,8	55,2
Машук 171	46,1	–8,2	37,6	17,3	+2,2	46,6
Машук 172	41,2	–9,1	36,2	14,9	–0,2	54,8
Машук 175	45,4	–10,9	35,5	16,1	+1,0	61,2
Машук 185 МВ	40,9	–9,4	42,7	17,5	+2,4	62,5
Катерина	37,7	–12,6	35,4	13,3	–1,8	56,0
Байкал	50,0	–0,3	39,4	19,7	+4,6	52,1
Машук 220	46,6	–3,7	35,4	16,5	+1,4	42,6
Ньютон	50,5	+0,2	38,8	19,6	+4,5	50,8
Бирсу	22,3	–28,0	43,9	9,8	–5,3	55,8
Алитет 2	22,7	–27,6	39,5	9,0	–6,1	57,0

в растениях ( $r = -0,62$ ), высокой положительной – с высотой растений ( $r = 0,77$ ) и высотой прикрепления початков ( $r = 0,67$ ). Сопряженность данного признака с уборочной влажностью зерна, сбором сухого вещества и урожайностью зерна была близка к функциональной ( $r = 0,83-0,94$ ).

Отмечена обратная корреляционная связь между содержанием сухого вещества в растениях и количеством дней от всходов до цветения початков ( $r = -0,41$ ), уборочной влажностью зерна ( $r = -0,64$ ), высотой растений ( $r = -0,38$ ), высотой прикрепления початков ( $r = -0,53$ ). Как правило, высокорослые растения кукурузы формируют большую листостебельную

массу, которая содержит меньше сухого вещества, в сравнении с низкорослыми гибридами.

На содержание сухого вещества в растениях оказывает влияние и доля початков в сухом веществе (коэффициент корреляции составил 0,52).

**Заключение.** Таким образом, проведенные исследования позволили выявить гибриды кукурузы отечественной селекции, перспективные для выращивания на зерно, зеленый корм и силос в условиях Приморского края. Данными гибридами являются Машук 220, Ньютон, Байкал, Машук 171, Машук 175.

## Список источников

1. Ващенко А. П., Мудрик Н. В., Фисенко П. П., Дега Л. А., Чайка Н. В., Капустин Ю. С. Соя на Дальнем Востоке. Владивосток : Дальнаука, 2014. 435 с.
2. Агроклиматические ресурсы Приморского края. Ленинград : Гидрометеиздат, 1973. 148 с.
3. Бутовец Е. С., Красковская Н. А., Даниленко И. Н. Многокритериальная оценка гибридов кукурузы в условиях Приморского края // Земледелие. 2020. № 4. С. 26–28. doi: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10407>.
4. Красковская Н. А., Бутовец Е. С., Даниленко И. Н. Изучение гибридов кукурузы разных групп спелости в условиях Приморского края // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 1 (53). С. 20–25. doi: <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-11003>.
5. Система ведения агропромышленного производства Приморского края. Новосибирск, 2001. 364 с.
6. Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы : методические указания. Ленинград : Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук, 1985. 49 с.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва : Колос, 1985. Вып. 1. 267 с.
8. Методические рекомендации по проведению опытов с кукурузой. Днепропетровск : ВНИИ кукурузы, 1980. 36 с.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва : Колос, 1985. 351 с.
10. Сотченко В. С. Селекция и семеноводство раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы : автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Санкт-Петербург, 1992. 48 с.
11. Шмараев Г. Е. Генофонд и селекция кукурузы. Теоретические основы селекции. Санкт-Петербург : Всероссийский институт генетических ресурсов растений, 1999. Т. IV. 386 с.
12. Сотченко В. С. Перспективы возделывания кукурузы для производства высокоэнергетических кормов // Кукуруза и сорго. 2008. № 4. С. 2–5.
13. Сотченко В. С., Сотченко Ю. В. Состояние и перспективы селекции и семеноводства кукурузы // Кукуруза и сорго. 2021. № 2. С. 5–11. DOI: 10.25715/e3734-6035-8345-q.
14. Khan N. A., Yu P., Ali M., Cone J. W., Hendriks W. H. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2015. Vol. 95 (2). P. 238–252. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>.
15. Lima L. M., Bastos M. S., Avila C. L. S., Ferreria D. D., Casagrante D. R., Bernardes T. F. Factor determining yield and nutritive value of maize for silage under tropical conditions // Grass and Forage Science. 2022. Vol. 77. P. 201–215. doi: <https://doi.org/10.1111/gfs.12575>.

## References

1. Vashchenko A. P., Mudrik N. V., Fisenko P. P., Dega L. A., Chayka N. V., Kapustin Yu. S. *Soya na Dal'nem Vostoke [Soybean in the Russian Far East]*, Vladivostok, Dalnauka, 2014, 435 p. (in Russ.).
2. *Agroklimaticheskie resursy Primorskogo kraya [Agricultural and climatic resources of Primorsky kray]*, Leningrad, Gidrometeoizdat, 1973, 148 p. (in Russ.).
3. Butovets E. S., Kraskovskaya N. A., Danilenko I. N. *Mnogokriterial'naya otsenka gibridov kukuruzy v usloviyakh Primorskogo kraya [Multicriterion estimation of corn hybrids under conditions of the Primorsky krai]*, *Zemledelie. – Agriculture*, 2020; 4: 26–28. doi: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10407> (in Russ.).

4. Kraskovskaya N. A., Butovets E. S., Danilenko I. N. Izuchenie gibridov kukuruzy v usloviyakh Primorskogo kraya [Study of maize hybrids of different maturity groups in the climates of the Primorsky kraj]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2020; 1 (53): 20–25. doi: <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-11003> (in Russ.).
5. *Sistema vedeniya agropromyshlennogo proizvodstva Primorskogo kraya [The system of agricultural production in Primorsky kraj]*, Novosibirsk, 2001, 364 p. (in Russ.).
6. *Izuchenie i podderzhanie obraztsov kolleksii kukuruzy: metodicheskie ukazaniya [Studying and preserving maize accessions in a collection: guidelines]*, Leningrad, Vsesoyuznaya akademiya sel'skohozyajstvennykh nauk, 1985, 49 p. (in Russ.).
7. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the state variety testing of agricultural crops]*, Moskva, Kolos, 1985, 267 p. (in Russ.).
8. *Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu opytov s kukuruzoi [Guidelines on conducting experiments on maize]*, Dnepropetrovsk, VNIi kukuruzy, 1980, 36 p. (in Russ.).
9. Dospikhov B. A. *Metodika polevogo opyta [Methodology of field experiments]*, Moskva, Kolos, 1985, 351 p. (in Russ.).
10. Sotchenko V. S. Seleksiya i semenovodstvo rannespelykh i srednerannikh gibridov kukuruzy [Breeding and seed production of early and medium-early maize hybrids]. *Extended abstract of doctor's thesis*. Sankt-Peterburg, 1992, 48 p. (in Russ.).
11. Shmaraev G. E. *Genofond i seleksiya kukuruzy. Teoreticheskie osnovy seleksii [Genepool and breeding of maize. Theory of breeding]*, Sankt-Peterburg, 1999, 386 p. (in Russ.).
12. Sotchenko V. S. Perspektivy vozdeleyvaniya kukuruzy dlya proizvodstva vysokoenergeticheskikh kormov [The prospects of corn cultivation for high energy forage]. *Kukuruza i sorgo. – Corn and Sorghum*, 2008; 4: 2–5 (in Russ.).
13. Sotchenko V. S., Sotchenko Yu. V. Sostoyanie i perspektivy seleksii i semenovodstva kukuruzy [Status and prospects of breeding and corn seed production]. *Kukuruza i sorgo. – Corn and Sorghum*, 2021; 2: 5–11. doi: <https://doi.org/10.25715/e.3734-6035-8345-q> (in Russ.).
14. Khan N. A., Yu. P., Ali M., Cone J. W., Hendriks W. H. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2015; 95 (2): 238–252. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>.
15. Lima L. M., Bastos M. S., Avila C. L. S., Ferreria D. D., Casagrante D. R., Bernardes T. F. Factor determining yield and nutritive value of maize for silage under tropical conditions. *Grass and Forage Science*, 2022; 77 (3): 201–215. doi: <https://doi.org/10.1111/gfs.12575>.

© Богдан П. М., Даниленко И. Н., Красковская Н. А., 2023

Статья поступила в редакцию 07.07.2023; одобрена после рецензирования 22.08.2023; принята к публикации 29.08.2023.

The article was submitted 07.07.2023; approved after reviewing 22.08.2023; accepted for publication 29.08.2023.

**Информация об авторах**

**Богдан Полина Михайловна**, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3052-5521>, Author ID: 680164, [polina\\_bogdan\\_84@mail.ru](mailto:polina_bogdan_84@mail.ru);

**Даниленко Ирина Николаевна**, младший научный сотрудник, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9462-3473>, Author ID: 1063086, [ira.danilenko.8787@br.ru](mailto:ira.danilenko.8787@br.ru);

**Красковская Наталья Александровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1639-3916>, Author ID: 671304, [nat.kraskovskaja@yandex.ru](mailto:nat.kraskovskaja@yandex.ru)

**Information about authors**

**Polina M. Bogdan**, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3052-5521>, Author ID: 680164, [polina\\_bogdan\\_84@mail.ru](mailto:polina_bogdan_84@mail.ru);

**Irina N. Danilenko**, Junior Researcher, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9462-3473>, Author ID: 1063086, [ira.danilenko.8787@br.ru](mailto:ira.danilenko.8787@br.ru);

**Natalya A. Kraskovskaya**, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1639-3916>, Author ID: 671304, [nat.kraskovskaja@yandex.ru](mailto:nat.kraskovskaja@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 633.16:631.527:631.526.32:581.543(470.311)

EDN RVKFVI

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_14

### Влияние погодных условий и азотного питания на показатели экстрактивности зерна сортов ярового ячменя, созданных в Подмоскowie

Иван Александрович Дедушев<sup>1</sup>, Любовь Михайловна Ерошенко<sup>2</sup>,  
Максим Михайлович Ромахин<sup>3</sup>, Михаил Александрович Болдырев<sup>4</sup>,  
Виктория Валерьевна Ромахина<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Федеральное исследовательское центр «Немчиновка»,

Московская область, Одинцово, Россия

<sup>1</sup> [dedushev\\_95@mail.ru](mailto:dedushev_95@mail.ru), <sup>2</sup> [eroshenko.lm@yandex.ru](mailto:eroshenko.lm@yandex.ru), <sup>3</sup> [rmax1@ya.ru](mailto:rmax1@ya.ru),

<sup>4</sup> [mbold1911@yandex.ru](mailto:mbold1911@yandex.ru), <sup>5</sup> [rmax1@ya.ru](mailto:rmax1@ya.ru)

**Аннотация.** Исследования проводились в 2020–2022 гг. на базе Федерального исследовательского центра «Немчиновка» в целях выявления особенностей накопления в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода экстрактивных веществ в зерне сортов ярового ячменя различного целевого использования. Одновременно выяснялась возможность за счет усиления фона азотного питания улучшать их пищевые или фуражные свойства. Полевые трехфакторные опыты поставлены методом расщепленных делянок; повторность двукратная; площадь делянки 12 м<sup>2</sup>. Установлено, что определяющее влияние на формирование показателя экстрактивности оказывал фактор «год» (50,16 %), а достоверность влияния взаимодействия факторов свидетельствовала о возможности его повышения за счет рационального применения азотного удобрения и использования адаптивных сортов. В благоприятном по влагообеспеченности 2020 г. на фонах азотного питания сформировалось зерно с одинаковой высокой средней величиной экстрактивности (80,6 %). В засушливых условиях (2021–2022 гг.) отмечалось снижение средних значений показателей до 77,8–79,6 % и уменьшение уровня экстрактивных веществ в зерне после дополнительного внесения азотного удобрения. Сравнение изучаемых сортов по содержанию экстрактивных и белковых веществ в зерне, накопленному на умеренном и повышенном уровне азотного питания, дало основание дифференцировать изучаемые сорта как пивоваренные, крупяные и кормовые. У сортов целевого использования на вариантах опыта по содержанию экстрактивных веществ в зерне выявлены заметные различия. Показатель гомеостатичности, учитывающий уровень и стабильность технологического показателя в группе пивоваренных ячменей, выделил сорт Надежный (1 568,94), в кормовой группе – сорт Яромир (1 692,22), в крупяной группе – сорта Раушан и Нур (1 779,80–1 833,72). Комплексный рейтинг основных хозяйственно важных признаков качества подтвердил высокую коммерческую ценность сортов Надежный, Яромир и Раушан для целевого использования в интенсивных технологиях.

**Ключевые слова:** яровой ячмень, сорта, погодные условия, экстрактивность, азотное питание, стабильность показателя

**Для цитирования:** Дедушев И. А., Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Болдырев М. А., Ромахина В. В. Влияние погодных условий и азотного питания на показатели экстрактивности зерна сортов ярового ячменя, созданных в Подмоскowie // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 14–26. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_14.

Original article

### Influence of weather conditions and nitrogen nutrition on grain extractivity indicators of spring barley varieties developed in the Moscow region

Ivan A. Dedushev<sup>1</sup>, Lyubov M. Eroshenko<sup>2</sup>, Maxim M. Romakhin<sup>3</sup>,

Mikhail A. Boldyrev<sup>4</sup>, Viktoria V. Romakhina<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Federal Research Center "Nemchinovka", Moscow region, Odintsovo district, Russia

<sup>1</sup> [dedushev\\_95@mail.ru](mailto:dedushev_95@mail.ru), <sup>2</sup> [eroshenko.lm@yandex.ru](mailto:eroshenko.lm@yandex.ru), <sup>3</sup> [rmax1@ya.ru](mailto:rmax1@ya.ru),

<sup>4</sup> [mbold1911@yandex.ru](mailto:mbold1911@yandex.ru), <sup>5</sup> [rmax1@ya.ru](mailto:rmax1@ya.ru)

**Abstract.** Studies were conducted in 2020–2022 at the Federal Research Center "Nemchinovka" to identify the peculiarities of accumulation depending on hydrothermal conditions of the growing season of extractive substances in the grain of spring barley varieties of different intended use. At the same time, the possibility to improve their nutritional or forage properties by increasing the nitrogen nutrition background was found out. Three-factor field experiments were conducted by the split plot method, the repetition was double, and the plot area was 12 m<sup>2</sup>. It was established that the decisive influence on the formation of the extractivity index had the factor "year" – 50,16 %, and the reliability of the influence of interaction between the factors indicated the possibility of increasing it through the rational use of nitrogen fertilizer and the use of adaptive varieties. In 2020, favorable in terms of moisture, against the background of nitrogen nutrition, grain was formed with the same high average extractivity value (80.6 %). Under dry conditions (2021–2022) there was a decrease in the average values of the indicators to 77.8–79.6 % and a decrease in the level of extractive substances in the grain after additional nitrogen fertilization. Comparison of the studied varieties by the content of extractive and protein substances in grain, accumulated at moderate and increased level of nitrogen nutrition, gave us grounds to differentiate the studied varieties as brewing, groats and fodder. In the varieties of target use in the variants of experience on the content of extractive substances in the grain, marked differences were revealed. The homeostability indicator, which takes into account the level and stability of the technological indicator in the brewing barley group has allocated the variety Nadezhnyi (1 568,94), in the forage group – the variety Yaromir (1 692,22), in the groats group – the varieties Raushan and Nur (1 779,80–1 833,72). The complex rating of the main economically important quality traits confirmed the high commercial value of varieties Nadezhnyi, Yaromir and Raushan for targeted use in intensive technologies.

**Keywords:** spring barley, varieties, weather conditions, extractive capacity, nitrogen nutrition, indicator stability

**For citation:** Dedushev I. A., Eroshenko L. M., Romakhin M. M., Boldyrev M. A., Romakhina V. V. Vliyaniye pogodnykh usloviy i azotnogo pitaniya na pokazateli ekstraktivnosti zerna sortov yarovogo yachmenya, sozdannykh v Podmoskov'e [Influence of weather conditions and nitrogen nutrition on grain extractivity indicators of spring barley varieties developed in the Moscow region]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 3: 14–26. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_14.

**Введение.** Ячмень, являясь незаменимым сырьем для производства солода и пива, комбикормов для всех видов животных, а также перловой и ячневой крупы, остается главной продовольственной и кормовой культурой. Улучшенные сорта ярового ячменя целевого использования выступают в качестве наиболее важных и экономически значимых ресурсов для удовлетворения спроса перерабатывающих предприятий полноценным сырьем [1].

При использовании интенсивных технологий возделывания эффективным средством повышения адаптивного потенциала и улучшения качества зерна ячменя считается оптимизация режима азотного питания [2, 3], позволяющая с увеличени-

ем биомассы растений изменять направления биохимических процессов, связанных с формированием качества зерна ячменя для целевого использования [4, 5].

К наиболее важным биохимическим показателям, между которыми существует достаточно сильная взаимосвязь, относятся «содержание белка» и «экстрактивность», степень соответствия которых в зерне ячменя при целевом использовании сортов регламентируется национальными стандартами, а также функциональными признаками качества, ценными с точки зрения потребителя.

Важно подчеркнуть, что к зерну ячменя, предназначенному для пивоварения, предъявляют особые требования по показателю экстрактивности и массовой доли

белка в перерасчете на сухое вещество, предписанные государственным стандартом ГОСТ 5060–2021 «Ячмень пивоваренный. Технические условия». Согласно национальному стандарту, лучшие пивоваренные сорта должны обеспечивать выход экстракта не менее 75,0–78,0 % и формировать содержание белка в зерне на уровне 11,5–12,0 %. Однако, для современных пивоваров более ценны сорта с экстрактивностью более 80 %, а количеством белка менее 11,5 % [6].

В свою очередь, показатели экстрактивности и сырого протеина при использовании ячменя на продовольственные или фуражные цели, ГОСТ 28672–2019 «Ячмень. Технические условия» не оговариваются, но являются важнейшими факторами, характеризующими пищевую и кормовую ценность зерна.

Наряду с этим необходимо иметь в виду, что сорта ярового ячменя различного целевого использования неодинаково реагируют на агротехнические мероприятия, особенно на внесение различных доз азотного удобрения. Так, в исследованиях авторов работы [7] отмечается, что при формировании показателей качества у пивоваренного ячменя Надежный под влиянием минерального удобрения с повышением урожайности происходило закономерное, однако незначительное повышение содержания белка в зерне, которое на разных фонах азотного питания в годы проведения эксперимента не превышало ограничительные нормы. При выращивании сортов универсального и кормового направления Владимир и Яромир в таких же условиях было получено зерно с высоким уровнем белка, более пригодное для использования на продовольственные или фуражные цели. Характерно также, что испытанные дозы азотного удобрения не ухудшали такой качественный показатель как экстрактивность, и у всех сортов он соответствовал уровню пивоваренного ячменя.

В связи с бесспорным влиянием азотных удобрений на величину и качество урожая в зависимости от сорта и целей использования ячменя предусматривается дифференцированный подход к уровню минерального питания [8].

Поэтому технология возделывания пивоваренного ячменя в рамках экономи-

чески оправданных затрат должна обеспечивать высокую урожайность и получение зерна с оптимально низким содержанием белковых веществ и высоким уровнем экстрактивности. А при рациональном подходе к выращиванию ячменя для кормовых или крупяных целей необходимо делать ставку на повышение урожайности, содержание белка и безазотистых экстрактивных веществ в зерне.

Наиболее важным показателем, в значительной степени влияющим на эффективность технологических процессов при производстве пивоваренного сырья, выступает экстрактивность ячменного зерна. Показатель экстрактивности, используемый для оценки пивоваренных качеств зерна ячменя, представляет количество веществ, выраженных в процентах (крахмала, пентозанов и других некрахмалистых полисахаридов), способных раствориться и превратиться в сусло, которое будет использоваться для приготовления пива. При откорме животных безазотистые экстрактивные вещества, в первую очередь сахара и крахмал, являются существенным источником образования жира. От процентного содержания их в зерне в большой степени зависит энергетическая питательность кормов. Экстрактивные вещества в организме человека выполняют важную функцию по пополнению запасов энергии, а ценные биологически активные  $\beta$ -глюканы, в достаточном количестве содержащиеся в ячменной крупе, укрепляют иммунитет.

Величина, диапазон изменчивости и вариабельность изучаемого показателя экстрактивности в известной мере определяются природно-климатическими условиями в годы проведения исследований, сортовыми различиями, технологиями возделывания ячменя.

Имеются сведения о существенном воздействии фактора «условия года» на признак экстрактивности сортов ячменя. По данным, содержащимся в работах [9, 10, 11], вклад погодных условий в формирование показателя отмечался в пределах от 36,3 до 81,3 %. Небезызвестно также, что при дефиците влаги и внесении повышенных доз азотных удобрений наблюдается снижение показателей экстрактивности ячменя, тогда как при избытке осадков



и более низких дозах азота они, как правило, выше [12, 13].

При оценке влияния азотных удобрений и сортовых особенностей пивоваренного ячменя на формирование экстрактивных веществ в зерне было установлено, что их доля в совокупности изучаемых факторов была незначительной и соответственно составляла 0,6–4,9 % и 0,2–13,4 % [9, 11].

Изучение в условиях Центрального Нечерноземья специфики применения азотного удобрения на различных сортах ячменя для формирования зерна с высоким показателем экстрактивности актуально и имеет практическую ценность.

**Цель данных исследований** – выявление влияния разных доз минерального удобрения на показатель экстрактивности сортов ярового ячменя для более обоснованного их использования в формировании качественного зерна на пивоваренные, кормовые или крупяные цели.

**Методы и материалы исследований.** Исследования по влиянию азотных удобрений на экстрактивность зерна ячменя проводились на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве со следующими агрохимическими показателями: гумус – 1,8–2,0 %,  $P_2O_5$  – 182–260 мг/кг,  $K_2O$  – 120–150 мг/кг,  $PH_{KCl}$  – 5,35–5,55.

Опыт трехфакторный, поставленный методом расщепленных делянок; повторность двукратная; площадь делянки составила 12 м<sup>2</sup>. Норма высева 5,0 млн. всхожих семян на 1 га.

Объектом исследования служили районированные в различные годы сорта ярового ячменя селекции Федерального исследовательского центра «Немчиновка». На основании ранее проведенных исследований по комплексу биохимических и технологических показателей, для пивоваренных целей были выделены сорта Московский 86, Надежный, Рафаэль; для кормовых – Прометей, Яромир и Златояр, районированные по областям с 2009 по 2021 гг. [14, 15]. Универсальные сорта более ранней селекции – Эльф, Раушан, Нур, Владимир, включенные в Госреестр селекционных достижений Российской Федерации за период 1997–2007 гг., занесены в список пивоваренных и особенно ценных по качеству сортов для крупяного использования.

Под предпосевную культивацию вносили минеральное удобрение в виде азофоски в дозе  $N_{50}P_{50}K_{50}$ . В фазу кущения в качестве подкормки применяли аммиачную селитру в дозе  $N_{50}$  и  $N_{100}$ . Посев ячменя в 2020–2022 гг. проводился в третьей декаде апреля, уборка – в начале второй декады августа.

В мае 2020 г. температура воздуха в среднем на 1,1 °С была ниже нормы, а выпадение осадков в 2,4 раза превышало среднемноголетние значения этого периода. Июнь характеризовался повышенной (на 2,1 °С) температурой воздуха. За этот месяц выпало 124,7 мм или 164,2 % по отношению к норме. Средняя температура июля составила 18,1 °С, что незначительно выше среднемноголетнего значения. По влагообеспеченности данный месяц также характеризовался обилием осадков; их сумма составила 149,9 мм (174,7 % нормы).

В 2021 г. появление третьего листа, кущение и выход в трубку (третья декада мая и первая – вторая декады июня) у сортов ячменя проходили при повышенной температуре воздуха, которая за это время в среднем на 1,3 °С превышала норму. В дальнейшем на рост и развитие ячменя оказывали влияние более жесткие метеорологические факторы. Во время фазы «появление флагового листа – формирование зерновки» (третья декада июня – первая и вторая декады июля) осадков выпало на 44,8 мм ниже нормы, а температура воздуха на 5,9 °С была выше среднемноголетних значений. В период формирования зерновки ячменя осадков выпало 77,0 % нормы, а температура воздуха на 1,8 °С превышала среднемноголетние показатели.

В 2022 г. в течение мая стояла прохладная погода (на 2,2 °С ниже нормы), а количество осадков на 12,4 мм превышало климатическую норму. Июнь и июль, а также первая декада августа характеризовались соответственно превышением среднемноголетних температур на 1,9; 2,4 и 3,4 °С и недобором осадков в среднем на 39,7; 22,7 и 3,0 мм. Метеорологические условия во время налива зерна (вторая декада июля) по гидротермическому режиму соответствовали среднемноголетним значениям.

Согласно классификации, вегетационный период 2020 г. характеризовался как избыточно влажный (гидротермиче-

ский коэффициент составил 2,7), а 2021 и 2022 гг. – как относительно сухие (с гидротермическим коэффициентом 0,98–1,02).

Статистическая обработка данных проводилась по методике Б. А. Доспехова (1979) в компьютерной программе DIANA.

Гомеостатичность (Hom) определяли по В. В. Хангильдину (1986). Коэффициенты экологической пластичности изучаемых сортов ( $b_i$ ) и показатели стабильности ( $Sd^2$ ) рассчитаны по методике S. A. Eberhart, W. A. Russel, изложенной В. А. Зыкиным (1984).

Биохимический анализ проведен с использованием государственных стандартов ГОСТ 12136–77 «Зерно. Метод определения экстрактивности ячменя», ГОСТ 10846–91 «Зерно и продукты переработки. Метод определения белка», а также методом ИК–спектроскопии, при использовании прибора Unity Scientific SpectraStar 2400.

**Результаты исследований и их об-суждение.** Для обоснования перспектив применения эффективных доз азотного удобрения с целью реализации генетического потенциала изучаемых сортов по признаку «экстрактивность» на основании проведенного трехфакторного дисперсионного анализа оценена доля вклада изу-

чаемых фиксированных (сорт, удобрение) и случайного (погода) факторов в формирование показателя качества ячменя.

Расчетами установлено, что в годы проведения исследований различия между сортами, условиями вегетационного периода, дозами азотного удобрения и эффектами их взаимодействия были существенны на 5-процентном уровне значимости.

Выявлено, что наибольшее влияние на содержание экстрактивных веществ в зерне ярового ячменя в эксперименте оказывал фактор «год» – 50,16 %. Доля фактора «сорт» составляла 28,48 %. На экстрактивность зерна значимое воздействие оказывало также взаимодействие факторов «сорт × год» – 9,98. Фактор «агрофон», а также взаимодействие факторов «агрофон × сорт», «агрофон × год» и «агрофон × сорт × год» в долевым выражении определялись в пределах, составляющих 2,53–3,63 %. В тоже время достоверность влияния взаимодействия факторов свидетельствует о том, что повышение показателя экстрактивности возможно за счет использования адаптивных по данному признаку сортов и рационального применения азотного удобрения (табл. 1).

Результаты исследований убедительно свидетельствуют о том, что содержание экстрактивных веществ в зер-

**Таблица 1 – Вклад факторов в формирование показателя экстрактивности различных сортов ярового ячменя**

**Table 1 – The contribution of factors to the effectiveness of indicators of various varieties of bright barley**

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	$F_{\phi}$	Вклад фактора
Общая	314,00	119	2,64	–	–
Сорт (А)	89,42	9	9,94	255,04*	28,48
Агрофон (В)	11,40	1	11,40	273,60*	3,63
Год (С)	157,50	2	78,75	13,38*	50,16
(А×В)	5,02	9	0,56	1 889,00*	1,60
(А×С)	31,33	18	1,74	41,78*	9,98
(В×С)	7,95	2	3,98	95,40*	2,53
(А×В×С)	8,88	18	0,49	11,84*	2,83
Остаток	2,50	40	0,06	–	0,79

\* Варианса достоверна при 95 % уровне значимости (<0,05).

не разных сортов ячменя по-разному и напрямую зависело от температурного режима и распределения осадков в течение вегетационного периода ячменя. В переувлажненный 2020 г. среднее значение экстрактивности на разных фонах азотного питания составило (80,6 %). Отличающиеся дефицитом влаги и повышенной температурой воздуха условия роста и развития растений ячменя в 2021–2022 гг. приводили к понижению доли экстрактивных веществ в зерне. В 2021 г. средние значения показателя на фонах азотного питания были зафиксированы на уровне 77,8 %. А относительно благоприятная обстановка влагообеспеченности после колошения в таком же засушливом 2022 г., активировавшая более интенсивный синтез основных углеводных фракций в зерновке ячменя, способствовала увеличению среднего количества экстрактивных веществ в зерне до 79,6 % [16].

Информация, полученная в контрастных гидротермических условиях полевого опыта (2020–2022 гг.), показала, что, в общем, на фоне азотного питания  $N_{100}$  значения экстрактивности сортов в среднем отмечались на уровне 79,7 %.

При дополнительном внесении азота они снизились до 79,0 %.

Между тем в благоприятных по влагообеспеченности условиях 2020 г. зафиксирована тенденция на увеличение экстрактивных веществ в зерне ячменя, в то время как в условиях засушливой погоды (2021–2022 гг.) на фоне внесенного минерального азота в дозе 150 кг/га показатели в среднем уменьшились соответственно на 1,1 и 0,9 %.

Вариабельность признака «экстрактивность» на вариантах опыта была незначительной (менее 10 %), что свидетельствует о невысокой дифференциации сортов по изучаемому признаку. В то же время на фоне минерального питания  $N_{100}$  межсортная вариабельность признака по годам составляла 1,37; 1,71 и 1,28 %, тогда как на фоне  $N_{150}$  она была соизмеримо меньше – 1,31; 1,21 и 1,20 % (табл. 2).

В среднем по опыту значение показателя экстрактивности в зерне ячменя составило 79,4 %. Наряду с этим исследование выявили заметные различия по концентрации экстрактивных веществ в зерновках сортов различного направления использования. Показано, что средняя ве-

**Таблица 2 – Влияние метеорологических условий и уровня азотного питания на показатель экстрактивности зерна сортов ярового ячменя, 2020–2022 гг.**

**Table 2 – The influence of meteorological conditions and the level of nitrogen nutrition on the grain extractivity indicator of spring barley varieties, 2020–2022**

Сорта	Год районирования	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Среднее
		$N_{100}$	$N_{150}$	$N_{100}$	$N_{150}$	$N_{100}$	$N_{150}$	
Московский 86	2011	81,6	81,3	78,5	77,5	80,5	79,5	79,8
Надежный	2017	82,3	81,7	81,3	78,6	81,0	80,1	80,8
Рафаэль	2022	81,9	82,7	79,6	78,3	81,5	80,1	80,7
Эльф	1997	80,2	80,7	79,0	77,2	80,3	79,5	79,5
Раушан	1998	80,6	80,5	78,2	77,7	79,5	78,7	79,2
Нур	2002	79,2	79,7	77,1	77,0	79,5	79,0	78,6
Владимир	2007	80,7	79,4	77,3	77,8	78,2	77,4	78,5
Прометей	2009	80,3	81,2	76,9	75,8	80,7	79,0	79,0
Яромир	2013	79,4	80,7	78,3	77,6	80,4	80,2	79,4
Златояр	2020	79,3	79,4	77,5	75,8	78,8	77,7	78,1
Среднее	–	80,6	80,7	78,4	77,3	80,0	79,1	79,4
Вариабельность признака, %	–	1,37	1,31	1,71	1,21	1,28	1,20	1,06

личина показателя экстрактивности группы пивоваренных сортов достигала значений 79,9 %, а у сортов универсального и кормового направления она отмечалась на более низком уровне (78,6–78,9 %).

В благоприятных условиях 2020 г. у пивоваренных сортов установлено высокое содержание экстрактивных веществ в зерне, которое на двух фонах азотного питания в среднем составило 81,9 %. При этом у лучшего пивоваренного сорта Надежный на варианте  $N_{100}$  показатель отмечался на уровне 82,3 %, а на варианте  $N_{150}$  у сорта Рафаэль он достигал величины 82,7 %.

Средние величины экстрактивности универсальных сортов на 1,7 % были ниже среднесортového значения пивоваренных сортов ячменя. Максимальные значения показателя в этой группе на варианте опыта  $N_{100}$  обнаружались у сортов Владимир и Раушан (80,6–80,7 %), а на фоне питания  $N_{150}$  – у сортов Эльф и Раушан (80,5–80,7 %).

Относительно низкое содержание экстрактивных веществ (79,7 %) установлено на варианте  $N_{100}$  у фуражных сортов. В отличие от пивоваренных и универсальных сортов, которые в меньшей степени реагировали на дополнительное внесение азотного удобрения, повышение обеспеченности растений кормового ячменя азотом до 150 кг привело к увеличению среднего значения показателя на 0,6 %. Более отзывчивым оказался сорт Яромир, улучшивший экстрактивность на 1,3 %.

Результаты исследований неблагоприятного по гидротермическому режиму 2021 г. показали, что на вариантах опыта зерно изучаемых сортов характеризовалось достаточно низкими показателями экстрактивности. При внесении в подкормку 50 кг азота на фоне  $N_{50}P_{50}K_{50}$  средние значения показателя экстрактивности у пивоваренных сортов составляли 79,8 %; у сортов универсального направления – 77,9; у кормовых – 77,6 %.

Дополнительное внесение удобрения в условиях этого года сыграло отрицательную роль в накоплении экстрактивных веществ. Величина показателя относительно варианта, где было внесено 100 кг/га азота, по группам соответственно снизилась на 1,7; 0,5 и 0,6 %. В варианте с внесением азота в дозе 150 кг/га в

зерне кормовых сортов Прометей и Златояр был отмечен минимальный среди вариантов опыта показатель, который составил 75,8 %. Максимальные значения признака зафиксированы у сорта Надежный, превысившего на фонах азотного питания среднесортovou экстрактивность на 1,3–2,9 %.

Значительное влияние на величину показателя экстрактивности различных сортов оказывало азотное удобрение и в 2022 г. На варианте опыта при внесении азота в дозе 100 кг/га у пивоваренных сортов средние значения показателя составили 81,0 %; у кормовых и универсальных сортов они на 1,0–1,7 % были ниже, а при дополнительном внесении азота происходило уменьшение средней величины параметра соответственно на 1,2; 1,9 и 0,7 %. Существенно выше (81,0–81,5 и 80,1 %), чем у сорта Московский 86 (80,5 и 79,5 %) на фонах питания отмечено содержание экстрактивных веществ у пивоваренных сортов Надежный и Рафаэль. А в группе кормовых сортов выделился сорт Яромир, который сформировал практически независимую от доз минерального удобрения величину экстрактивности на уровне от 80,2 до 80,4 %.

В связи с глобальными климатическими изменениями и значительным влиянием гидротермических условий на показатели качества для пивоваренных, крупяных и фуражных целей особую ценность представляют сорта, характеризующиеся высокой экстрактивностью, сформированной в различных погодных и агротехнических условиях [17, 18].

В рамках проведенных исследований установлены максимальные значения показателя экстрактивности у сортов Надежный и Рафаэль (82,3–82,7 %). Судя по более высоким, чем у других сортов, минимальным значениям признака (78,3–78,6 %), они отличались лучшей приспособленностью к неблагоприятным условиям среды (табл. 3).

При оценке пластичности сортов ячменя возможность положительно отзываться на оптимизацию условий возделывания повышением уровня экстрактивных веществ в зерне ячменя в наших исследованиях характеризовали коэффициенты вариации ( $Cv_i$ ) и линейной регрессии ( $bi$ ). На основании полученных данных установлены более высокие зна-

**Таблица 3 – Параметры адаптивности сортов ячменя по признаку экстрактивности сортов ячменя, 2020–2022 г.**

**Table 3 – Parameters of adaptability of barley varieties based on the extractivity of barley varieties, 2020–2022**

Сорта	$Y_2 \text{ min}$	$Y_1 \text{ max}$	$Cv_i, \%$	$b_i$	$Sd_i^2$	$Hom_i$
Московский 86	77,5	81,6	2,02	1,56	0,66	951,56
Надежный	78,6	82,3	1,63	1,18	1,24	1 568,94
Рафаэль	78,3	82,7	2,03	1,59	2,97	889,14
Эльф	77,2	80,7	1,60	1,28	0,42	1 421,88
Раушан	77,7	80,6	1,52	1,24	0,41	1 779,80
Нур	77,0	79,7	1,56	1,20	1,49	1 833,72
Владимир	77,3	80,7	1,70	1,08	2,46	1 324,80
Прометей	75,8	81,2	2,78	1,97	0,80	527,74
Яромир	77,6	80,7	1,54	1,15	0,75	1 692,22
Златояр	75,8	79,4	1,76	1,37	2,66	1 224,02
Среднее значение	77,3	81,0	1,81	1,36	1,39	1 321,39
Коэффициент вариации, %	1,19	1,21	21,30	19,98	66,43	32,35

Примечание:  $Y_2 \text{ min}$ ,  $Y_1 \text{ max}$  – минимальные и максимальные значения показателя экстрактивности;  $Cv_i$  – коэффициенты вариации;  $b_i$  – коэффициенты линейной регрессии;  $Sd_i^2$  – показатели стабильности;  $Hom_i$  – гомеостатичность.

чения показателя адаптивности изучаемого признака у пивоваренных сортов Московский 86 и Рафаэль (коэффициенты вариации – 2,02–2,03 %; коэффициенты линейной регрессии – 1,56–1,59) и кормового сорта Прометей (коэффициент вариации – 2,78; коэффициент линейной регрессии – 1,97) (табл. 3).

Устойчивость проявления показателя качества в различных условиях выращивания определена по показателю стабильности ( $Sd_i^2$ ). Наименьшие значения параметра, указывающие на формирование независимо от складывающихся экологических лимитов устойчивого уровня экстрактивности, выявлены у сортов Московский 86, Эльф, Раушан, Прометей и Яромир (0,41–0,80).

Особенность проявлять положительную реакцию на улучшение условий выращивания и слабо реагировать на их ухудшение определена критерием гомеостатичности. По степени гомеостатичности, превысив среднесортное значе-

ние показателя на 16,89 %, выделилась группа сортов универсального направления, пригодных для пивоваренных и крупяных целей. В группе пивоваренных сортов высокая гомеостатичность, характеризующая устойчивость признака в изменяющихся условиях, отмечена у сорта Надежный (1 568,94), в группе кормовых – у сорта Яромир (1 692,22), в группе крупяных – у сортов Раушан и Нур (1 779,89–1 833,72).

С целью дальнейшего обобщения показателей, особенно важных при отборе лучших сортов для использования их зерна на пивоваренные, крупяные или кормовые цели на различных фонах азотного питания, появилась необходимость представить дополнительную информацию по влиянию азотных удобрений на уровень белка в зерне изучаемых в опыте сортов (табл. 4).

Данные свидетельствуют, что на фонах азотного питания  $N_{100}$  и  $N_{150}$  сорта

**Таблица 4 – Ранжирование сортов целевого использования по показателям содержания белка и экстрактивности, выраженным в баллах**

**Table 4 – Ranking of varieties of intended use in terms of protein content and extractivity, expressed in points**

Сорта	Содержание белка			Экстрактивность						Сумма	Ранг
	$\bar{X}_{N_{100}}^{cp}$	$\bar{X}_{N_{150}}^{cp}$	$X_{cp}$	$\bar{X}_{N_{100}}^{cp}$	$\bar{X}_{N_{150}}^{cp}$	$X_{cp}$	$b_i$	$Sd_i^2$	$Hom_i$		
<b>Пивоваренные сорта</b>											
Московский 86	8	3	5	9	7	8	8	8	2	58	4
Надежный	7	5	6	9	8	9	4	5	6	59	3
Рафаэль	9	6	8	9	8	9	8	1	2	60	2
<b>Универсальные сорта</b>											
Эльф	4	7	6	8	6	7	5	9	5	57	5
Раушан	5	5	5	7	5	6	5	9	8	55	6
Нур	5	5	6	3	4	4	4	4	9	43	8
Владимир	3	7	5	4	2	3	2	3	4	33	10
<b>Кормовые сорта</b>											
Прометей	5	7	6	6	5	5	9	6	1	50	7
Яромир	6	9	8	7	7	7	3	7	7	61	1
Златояр	6	7	6	3	1	2	7	3	3	38	9
Примечание: $\bar{x}$ – средние значения; $b_i$ – коэффициенты линейной регрессии; $Sd_i^2$ – показатели стабильности; $Hom_i$ – гомеостатичность.											

характеризовались следующими значениями признака белковости:

Московский 86 – 11,5–12,8 %;

Надежный – 11,7–12,1 %;

Рафаэль – 10,8–11,8 %;

Эльф – 12,5–13,3 %;

Раушан – 12,7–12,8 %;

Нур – 12,6–12,7 %;

Владимир – 12,2–13,2 %;

Прометей – 12,7–13,4 %;

Яромир – 13,0–13,7 %;

Златояр – 12,9–13,4 %.

Высокий уровень белка в зерне универсальных сортов определил их использование только на крупяные или фуражные цели.

С учетом степени значимости для товаропроизводителей проведено ранжирование важнейших признаков качества сортов по рейтинговой девятибалльной шкале. При испытании сортов в условиях

опыта на различных фонах азотного питания по комплексу хозяйственно ценных признаков качества, судя по интегральному рейтинговому показателю (1–3), лучшими были пивоваренные сорта Надежный, Рафаэль и кормовой сорт Яромир, созданные в последнее десятилетие. Среди крупяных сортов по количеству набранных баллов (55–57) выделились сорта Эльф и Раушан, более двадцати пяти лет успешно конкурирующие в производстве с новыми сортами по урожайности и показателям качества.

**Закключение.** В опыте, проведенном в почвенно-климатических условиях Московской области, установлено статистически достоверное влияние погодных условий, сортовых особенностей и фонов азотного питания на формирование экстрактивных веществ в зерне ячменя различного направления использования.

Для пивоваренного направления, судя по интегральному рейтингу хозяйственно ценных признаков качества, лучше подхо-

дят новейшие сорта Рафаэль и Надежный, характеризующиеся ограниченным уровнем белка в зерне, высокими значениями показателей экстрактивности, способностью повышать их величину при оптимизации условий возделывания.

В группе универсальных сортов, пригодных для производства перловой крупы, наиболее ценными являются сорта Эльф и Раушан. Благодаря хорошей адаптации к условиям возделывания, отличитель-

ной особенностью этих сортов является способность стабильно накапливать повышенное количество экстрактивных веществ в зерне.

Наиболее ценными кормовыми свойствами в исследованиях обладал сорт Яромир с повышенными и стабильными показателями содержания экстрактивных, в том числе белковых веществ в зерне.

#### Список источников

1. Miedaner T., Wilde P. Selection strategies in hybrid rye with special consideration of fungal disease resistances // *Advances in breeding techniques for cereal crops*. Burleigh Dodds Science Publishing, 2019. P. 223–246. DOI: 10.19103/AS.2019.0051.12.
2. Новиков Н. Н., Соловьева Н. Е. Влияние режима питания и фиторегуляторов (новосил, эпин) на качество зерна и состав белков пивоваренного ячменя при выращивании на дерново-подзолистой почве // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2019. № 3. С. 5–18. DOI: 10.34677/0021-342X-2019-3-5-18.
3. Смуров С. И., Наумкин В. Н., Ермолаев С. Н. Урожайность и качество зерна ячменя в зависимости от различных предшественников и фонов минерального питания // *Вестник аграрной науки*. 2020. № 2 (83). С. 36–44. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.2.36.
4. Трухачев В. И., Белопухов С. Л., Исламгулова Р. Р., Серегина И. И., Новиков Н. Н., Дмитриевская И. И. Пивоваренные качества ячменя сорта Надежный в зависимости от условий питания // *Агрофизика*. 2021. № 4. С. 28–32. DOI: 10.25695/AGRPH.2021.04.05.
5. Anbessa Y., Juskiw P. Review: Strategies to increase nitrogen use efficiency of spring barley // *Plant Sciences*. 2012. No. 92. P. 617–925. DOI:10.4141/cjps2011-207.
6. Гамзаева Р. С. Динамика активности амилолитических ферментов в прорастающих зерновках ярового ячменя, выращенного на возрастающих дозах азотных удобрений // *Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения* : сб. науч. тр. Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2018. С. 9–11. EDN NTLDIP.
7. Кузьмич М. А., Политыко П. М., Артюхова О. А., Кузьмич Л. С. Качество зерна сортов ячменя в зависимости от доз минеральных удобрений // *Агрохимический вестник*. 2019. № 6. С.34–37. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10087.
8. Хоконова М. Б. Технологические свойства зерна озимого ячменя в зависимости от влагообеспеченности года и минерального питания // *Биология в сельском хозяйстве*. 2020. № 3 (28). С. 9–16. EDN: NNYLUL.
9. Завалин А. А., Пасынкова Е. Н., Пасынков А. В. Вклад факторов в формирование урожая и основных показателей качества яровых зерновых культур // *Достижения науки и техники АПК*. 2011. № 1. С. 8–10. EDN NTLDIP.
10. Юсова О. А., Николаев П. Н., Поползухин П. В. Формирование качества зерна пивоваренных сортов ячменя в зависимости от условий периода вегетации // *Земледелие*. 2015. № 5. С. 44–46. EDN UGTHVV.
11. Булавин Л. А., Позняк Е. И., Хилько Н. П., Гвоздов А. П. Роль различных факторов в формировании урожайности и качества зерна пивоваренного ячменя // *Земледелие и защита растений*. 2017. № 4. С.3–7.
12. Калмыкова Е. В., Ефремова Е. Н., Хоссаин А. Влияние сортов пивоваренного ячменя на качество пива // *Вестник АПК Ставрополя*. 2014. № 4 (16). С. 52–55. EDN THKSRN.

13. Кашукоев М. В., Кашукоев Х. М., Хамжуева З. Х. Азотное удобрение как фактор регулирования пивоваренных качеств зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 6. С.30–36. EDN PJPQRV.

14. Ерошенко Л. М., Дедушев И. А., Ромахин М. М., Ерошенко А. Н., Ерошенко Н. Н., Ромахина В. В. Влияние погодных условий на формирование пивоваренных свойств сортов ячменя в Нечерноземье // Аграрная Россия. 2020. № 11 (184). С. 10–14. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2020-11-10-14>.

15. Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Ерошенко А. Н., Левакова О. В., Ерошенко Н. А., Дедушев И. А. [и др.]. Оценка качественных показателей зерна сортов и линий ярового ячменя // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 20 (2). С. 126–133. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.126-133>.

16. Синенко О. С., Парасочка И. В. Распределение ассимилятов и запасание углеводов в органах ячменя в онтогенезе // Симбиоз-Россия 2014 : материалы VII всерос. конгресса молодых биологов. Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. С. 84–85.

17. Гончаров С. В. Тенденции на рынке пивоваренного ячменя // Пиво и напитки. 2006. № 2. С. 12–13. EDN ORNALJ.

18. Батакова О. Б., Хорева В. И., Ковалева О. Н., Лоскутов И. Г. Источники скороспелости и качества зерна ярового ячменя для условий Европейского Севера России // Агро XXI. 2010. № 4–6. С. 9–11.

### References

1. Miedaner T., Wilde P. Selection strategies in hybrid rye with special consideration of fungal disease resistances. In.: *Advances in breeding techniques for cereal crops*, Burleigh Dodds Science Publishing, 2019, pp. 223–246. DOI: 10.19103/AS.2019.0051.12.

2. Novikov N. N., Solov'eva N. E. Vliyanie rezhima pitaniya i fitoregulyatorov (novosil, epin) na kachestvo zerna i sostav belkov pivovarennogo yachmenya pri vyrashchivani na dernovo-podzolistoi pochve [Influence of diet and phyto regulators (Novosil, Epin) on grain quality and protein composition of malting barley when grown on soddy-podzolic soil]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokozyajstvennoj akademii. – News of the Timiryazev Agricultural Academy*, 2019; 3: 5–18. DOI: 10.34677/0021-342X-2019-3-5-18. (in Russ.).

3. Smurov S. I., Naumkin V. N., Ermolaev S. N. Urozhainost' i kachestvo zerna yachmenya v zavisimosti ot razlichnykh predshestvennikov i fonov mineral'nogo pitaniya [Yield and quality of barley grain depending on various precursors and backgrounds of mineral nutrition]. *Vestnik agrarnoy nauki. – Bulletin of Agrarian Science*, 2020; 2 (83): 36–44. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.2.36. (in Russ.).

4. Trukhachev V. I., Belopukhov S. L., Islamgulova R. R., Seregina I. I., Novikov N. N., Dmitrievskaya I. I. Pivovarennye kachestva yachmenya sorta Nadezhnyi v zavisimosti ot uslovii pitaniya [Brewing qualities of barley variety Nadezhnyi depending on nutritional conditions]. *Agrofizika. – Agrophysics*, 2021; 4: 28–32. DOI: 10.25695/AGRPH.2021.04.05. (in Russ.).

5. Anbessa Y., Juskiw P. Review: Strategies to increase nitrogen use efficiency of spring barley. *Plant Sciences*, 2012; 92: 617–925. DOI:10.4141/cjps2011-207.

6. Gamzaeva R. S. Dinamika aktivnosti amiloliticheskikh fermentov v prorstayushchikh zernovkakh yarovogo yachmenya, vyrashchennogo na vozrastayushchikh dozakh azotnykh udobrenii [Dynamics of activity of amylolytic enzymes in germinating grains of spring barley grown on increasing doses of nitrogen fertilizers]. *Proceedings from Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyakh importozameshcheniya. – Scientific support for the development of agriculture in the context of import substitution*. (pp. 9–11), Sankt-Peterburg, Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2018. EDN: NTLDIP (in Russ.).

7. Kuz'mich M. A., Polityko P. M., Artyukhova O. A., Kuz'mich L. S. Kachestvo zerna sortov yachmenya v zavisimosti ot doz mineral'nykh udobrenii [Grain quality of barley varieties depending on the doses of mineral fertilizers]. *Agrokhimicheskii vestnik. – Agrochemical Bulletin*, 2019; 6: 34–37. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10087 (in Russ.).



8. Khokonova M. B. Tekhnologicheskie svoystva zerna ozimogo yachmenya v zavisimosti ot vlagoobespechennosti goda i mineral'nogo pitaniya [Technological properties of winter barley grain depending on the moisture content of the year and mineral nutrition]. *Biologiya v sel'skom khozyaistve. – Biology in Agriculture*, 2020; 3 (28): 9–16. EDN: NNYLUL (in Russ.).
9. Zavalin A. A., Pasyukova E. N., Pasyukov A. V. Vklad faktorov v formirovanie urozhaya i osnovnykh pokazatelei kachestva yarovykh zernovykh kul'tur [The contribution of factors to the formation of the crop and the main indicators of the quality of spring grain crops]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – Achievements of Science and Technology of the Agro-industrial Complex*, 2011; 1: 8–10. EDN: NTLDIP (in Russ.).
10. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Popolzukhin P. V. Formirovanie kachestva zerna pivovarenykh sortov yachmenya v zavisimosti ot uslovii perioda vegetatsii [Formation of grain quality of malting barley varieties depending on the conditions of the growing season]. *Zemledelie. – Agriculture*, 2015; 5: 44–46. EDN: UGTHVV (in Russ.).
11. Bulavin L. A., Poznyak E. I., Khil'ko N. P., Gvozdov A. P. Rol' razlichnykh faktorov v formirovanii urozhainosti i kachestva zerna pivovarennoy yachmenya [The role of various factors in the formation of yield and grain quality of malting barley]. *Zemledelie i zashchita rastenij. – Agriculture and plant protection*, 2017; 4: 3–7 (in Russ.).
12. Kalmykova E. V., Efremova E. N., Khossain A. Vliyanie sortov pivovarennoy yachmenya na kachestvo piva [Influence of malting barley varieties on beer quality]. *Vestnik APK Stavropol'ya. – Bulletin of the Agroindustrial Complex of Stavropol*, 2014; 4 (16): 52–55. EDN: THKSRN (in Russ.).
13. Kashukoev M. V., Kashukoev Kh. M., Khamzhueva Z. Kh. Azotnoe udobrenie kak faktor regulirovaniya pivovarenykh kachestv zerna [Nitrogen fertilizer as a factor in the regulation of grain brewing qualities]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2019; 6: 30–36. EDN PJPQRV (in Russ.).
14. Eroshenko L. M., Dedushev I. A., Romakhin M. M., Eroshenko A. N., Eroshenko N. N., Romakhina V. V. Vliyanie pogodnykh uslovii na formirovanie pivovarenykh svoystv sortov yachmenya v Nechernozem'e [Influence of weather conditions on the formation of brewing properties of barley varieties in the Non-Chernozem region]. *Agrarnaya Rossiya. – Agrarian Russia*, 2020; 11 (184): 10–14. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2020-11-10-14> (in Russ.).
15. Eroshenko L. M., Romakhin M. M., Eroshenko A. N., Levakova O. V., Eroshenko N. A., Dedushev I. A. [et al.]. Otsenka kachestvennykh pokazatelei zerna sortov i linii yarovogo yachmenya [Evaluation of quality indicators of grain varieties and lines of spring barley]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – Agrarian Science of the Euro-North-East*, 2019; 20 (2): 126–133. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.126-133> (in Russ.).
16. Sinenko O. S., Parasochka I. V. Raspreделение assimilatyov i zapasanie uglevodov v organakh yachmenya v ontogeneze [Distribution of assimilation and storage of carbohydrates in barley organs during ontogenesis]. *Proceedings from Simbioz-Rossiya 2014: VII Vserossiyskiy kongress molodyh biologov – VII All-Russian Congress of Young Biologists*. (PP. 84–85), Ekaterinburg, Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta, 2014 (in Russ.).
17. Goncharov S. V. Tendentsii na rynke pivovarennoy yachmenya [Trends in the malting barley market]. *Pivo i napitki. – Beer and Drinks*, 2006; 2: 12–13. EDN ORNALJ (in Russ.).
18. Batakova O. B., Khoreva V. I., Kovaleva O. N., Loskutov I. G. Istochniki skorospelosti i kachestva zerna yarovogo yachmenya dlya uslovii Evropeiskogo Severa Rossii [Sources of early maturity and grain quality of spring barley for the conditions of the European North of Russia]. *Agro XXI*, 2010; 4–6: 9–11 (in Russ.).

© Дедушев И. А., Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Болдырев М. А., Ромахина В. В., 2023

Статья поступила в редакцию 09.06.2023; одобрена после рецензирования 28.07.2023; принята к публикации 31.08.2023.

The article was submitted 09.06.2023; approved after reviewing 28.07.2023; accepted for publication 31.08.2023.

**Информация об авторах**

**Дедушев Иван Александрович**, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ORCID: 0000-0002-5059-9299, [dedushev\\_95@mail.ru](mailto:dedushev_95@mail.ru);

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

**Ромахин Максим Михайлович**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ORCID: 0000-0001-5691-1020, [rmax1@ya.ru](mailto:rmax1@ya.ru);

**Болдырев Михаил Александрович**, младший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ORCID: 0000-0002-7421-0321, [mbold1911@yandex.ru](mailto:mbold1911@yandex.ru);

**Ромахина Виктория Валерьевна**, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ORCID: 0000-0002-9996-4998, [rmax1@ya.ru](mailto:rmax1@ya.ru)

**Information about authors**

**Ivan A. Dedushev**, Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", ORCID: 0000-0002-5059-9299, [dedushev\\_95@mail.ru](mailto:dedushev_95@mail.ru);

**Lyubov M. Eroshenko**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", ORCID: 0000-0002-8513-6665, [eroshenko.lm@yandex.ru](mailto:eroshenko.lm@yandex.ru);

**Maxim M. Romakhin**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal research center "Nemchinovka", ORCID: 0000-0001-5691-1020, [rmax1@ya.ru](mailto:rmax1@ya.ru);

**Mikhail A. Boldyrev**, Junior Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", ORCID: 0000-0002-7421-0321, [mbold1911@yandex.ru](mailto:mbold1911@yandex.ru);

**Viktoria V. Romakhina**, Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", ORCID: 0000-0002-9996-4998, [rmax1@ya.ru](mailto:rmax1@ya.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 634.13:631.811.98:631.53

EDN VGSQJI

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_27

## Влияние сроков черенкования форм груши на укореняемость зеленых черенков с помощью регулятора роста растений $\beta$ -индолил-3-масляной кислоты (ИМК)

Илона Валериевна Зацепина

Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина

Тамбовская область, Мичуринск, Россия, [ilonavalerevna@mail.ru](mailto:ilonavalerevna@mail.ru)

**Аннотация.** В результате проведенных исследований было установлено, что при взятии с маточных кустов зеленых черенков груши в первой декаде июня (07 июня) и при обработке срезов стимулятором роста  $\beta$ -индолил-3-масляной кислотой (ИМК) (50 мг/л), наибольшей степенью их укоренения обладали формы ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2. Наибольшим количеством укорененных черенков обладали клоновые подвои груши ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2. Без обработки регулятором роста растений наилучшими результатами укореняемости и количеством укорененных черенков характеризовались формы ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2. При обработке указанным стимулятором роста растений (50 мг/л) срезанных во второй декаде июня (20 июня) зеленых черенков и последующем укоренении было установлено, что лучшими показателями укореняемости и укоренившимися черенками являются ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2. Наибольшим процентом укоренения и укоренившимися черенками груши без использования стимулятора роста растений характеризовались формы ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2. Наибольшей длиной приростов, длиной корневой системы при обработке стимулятором роста растений обладали формы ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 12, ПГ 2. Без применения стимулятора роста растений лучший результат длины приростов и длины корневой системы имели формы ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 12, ПГ 2. После взятия с маточных кустов зеленых черенков груши во второй декаде июня (20 июня) и при обработке срезов стимулятором роста растений  $\beta$ -индолил-3-масляной кислотой (ИМК) (50 мг/л) и без обработки, лучшими формами являлись ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 12, ПГ 2. Наибольшей длиной приростов, длиной корневой системы при обработке и без обработки стимулятором роста растений характеризовались формы ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 12, ПГ 2.

**Ключевые слова:** сроки черенкования, регулятор роста, черенки, формы

**Для цитирования:** Зацепина И. В. Влияние сроков черенкования форм груши на укореняемость зеленых черенков с помощью регулятора роста растений  $\beta$ -индолил-3-масляной кислоты (ИМК) // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 27–35. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_27.

Original article

## The effect of timing of cuttings of pear forms on the rootability of green cuttings using the plant growth regulator $\beta$ -indolyl-3-butyric acid (IBA)

Iona V. Zatsepina

I. V. Michurin Federal Scientific Center, Tambov region, Michurinsk, Russia

[ilonavalerevna@mail.ru](mailto:ilonavalerevna@mail.ru)

**Abstract.** As a result of the conducted studies, it was found that when green pear cuttings were taken from uterine bushes in the first decade of June (June 07) and when the slices were treated with the growth stimulant  $\beta$ -indolyl-3-butyric acid (IBA) (50 mg/l), the forms PG 12 (k), PG 17-16, PG 2 had the greatest degree of their rooting. The clonal rootstocks of pears PG 12 (k), PG 17-16, PG 2 had the largest number of rooted cuttings. Without treatment with

a plant growth regulator, the best results of rooting and the number of rooted cuttings were characterized by the forms PG 12 (k), PG 17-16, PG 2. When treated with the plant this growth stimulator (50 mg/l), green cuttings cut in the second decade of June (June 20) and subsequent rooting allowed us to establish that the best indicators of rooting and rooted cuttings were PG 12 (k), PG 17-16, PG 2. Without the use of a plant growth stimulator, the forms PG 12 (k), PG 17-16, PG 2 were characterized by the highest percentage of rooting and rooted pear cuttings. When treated with the plant growth stimulator, the forms PG 12 (k), PG 17-16, PG 12, PG 2 had the greatest length of increments and the greatest length of the root system. Without the use of a plant growth stimulator, the forms PG 12 (k), PG 17-16, PG 12, PG 2 had the best result of the length of the increments and the length of the root system. After taking green pear cuttings from uterine bushes in the second decade of June (June 20) and when treating the slices with the plant growth stimulant  $\beta$ -indolyl-3-butyric acid (IBA) (50 mg/l) and without treatment, the best forms were PG 12 (k), PG 17-16, PG 12, PG 2. PG 12 (k), PG 17-16, PG 12, PG 2 were characterized by the greatest length of increments, the length of the root system during treatment and without treatment with a plant growth stimulator.

**Keywords:** terms of cutting, growth regulator, cuttings, forms

**For citation:** Zatsepina I. V. Vliyanie srokov cherenkovaniya form grushi na ukorenyae-most' zelenykh cherenkov s pomoshch'yu regulatora rosta rastenii  $\beta$ -indolil-3-maslyanoi kisloty (IMK) [The effect of timing of cuttings of pear forms on the rootability of green cuttings using the plant growth regulator  $\beta$ -indolyl-3-butyric acid (IBA)]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. – *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2023; 17; 3: 27–35. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_27.

**Введение.** Груша (*Pyrus domestica* Medic.) относится к роду *Pyrus* подсемейства Яблоневых (*Pomoideae*) семейства Розовых (*Rosaceae*), насчитывающему около 60 видов, распространенных в умеренном поясе Европы, Азии и Северной Африки. На территории России известно около 35 дикорастущих видов, в том числе три – в европейской части страны.

Большое количество сортов груши обладают желтой, зеленой или желто-зеленой окраской кожицы плодов. Нечасто на плодах имеется румянец различной выраженности, но проявление его нестабильно. Плоды груши с ярко-красной окраской выглядят красивее и являются более привлекательными для покупателей. Один из самых доступных способов получить растения с такими плодами заключается в использовании антоциановых мутантов в гибридизации [1, С. 65].

Груша является очень трудной семечковой культурой, которая укореняется без специализированных химических препаратов [2, С. 96–104].

В настоящее время имеется очень много стимуляторов роста растений с помощью которых различные плодовые культуры, в том числе и груша, могут укореняться [2, С. 96–104].

Применение регуляторов роста, а также различных комплексных препара-

тов, обладающих большим спектром физиологического действия на растение, имеет большое значение [3, С. 100; 4, С. 42–46].

При обработке базальной части черенков стимуляторами роста растений вода и питательные вещества быстро поступают к месту обработки, что приводит к активизации существующих меристематических тканей, образованию каллуса, развитию корневых зачатков [5, С. 50; 6, С. 34–37].

При ускоренном образовании и развитии корневой системы стимуляторы роста способствуют росту надземной части при экономии времени, дают возможность приобрести здоровый посадочный материал [7, С. 230].

При соблюдении оптимальных сроков черенкования и режимов укоренения черенки (например, зеленые черенки) растений различных видов укореняются неодинаково. Исследователями установлено, что укореняемость зеленых черенков в значительной степени обусловлена разностью климатических условий географических районов [8, С. 50].

**Цель исследований** состоит в том, чтобы с помощью стимулятора роста растений  $\beta$ -индолил-3-масляной кислоты укоренить зеленые черенки подвоев груши, а также изучить сроки черенкования у данных форм.

**Методика исследований.** Многолетняя работа проводилась в Федеральном научном центре имени И. В. Мичурина. В процессе работы осуществлялись экспериментальные исследования по изучению укореняемости на следующих формах груши: ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 12, ПГ 2, ОНФ 333, Piro II, 4-39, 4-26.

В работе использована  $\beta$ -индоллил-3-масляная кислота (ИМК) (50 мг/л), с помощью которой зеленые черенки сортов груши укоренялись. Укоренение черенков проводили в пленочных парниках с системой автоматизированного туманообразования.

Метод зеленого черенкования предусматривает выращивание полноценных саженцев из побегов текущего года (длина 12–15 см), взятых с материнского растения. Для изучения зависимости степени укореняемости зеленых черенков от фаз вегетации маточных растений черенкование проводилось через каждые 5–7 дней, начиная с момента, когда с одного побега можно было взять по 1–2 черенка, до окончания роста побегов.

В экспериментах использовались маточные растения различного возраста: деревья (7–12 лет), кустарники 5–10 (лет). Размер черенка определялся длиной междоузлий: у сильнорослых побегов они нарезались с одним междоузлем, у слаброслых с двумя – четырьмя. Нижние листья удалялись полностью, верхние – укорачивались или оставлялись целыми. Срезы осуществлялись лезвием острой бритвы, так как при этом способе не допускалось сжатия живых клеток луба и повреждения коры. Побеги срезались в утренние часы. Учитывалось их местоположение на материнском растении и черенка на побеге.

Для черенкования использовались боковые отрастающие побеги из средней части кроны. Черенки высаживали во влажный субстрат под углом 45°. В качестве субстрата укоренения применяли смесь торфа и речного песка в соотношении 1:1. Схема посадки – 5×5 см. Опыты закладывались в трехкратной повторности по 120 черенков в каждом повторении.

Изучение укореняемости зеленых черенков было проведено в теплице с пленочным покрытием, оснащенной тумано-

образующей установкой по общепринятой методике Н. Н. Коваленко (2011) [9].

**Результаты исследований.** Безусловно, результаты укоренения зеленых черенков в большей части зависят от биологических особенностей (фаз вегетации и др.) древесных растений, а также периодов, связанных с различной степенью роста и развития побегов [10, С. 53].

В результате проведенных исследований было установлено, что при взятии с маточных кустов зеленых черенков груши в первой декаде июня (07 июня) и при обработке срезов стимулятором роста  $\beta$ -индоллил-3-масляной кислотой (ИМК) в дозе 50 мг/л, наибольшей степенью их укоренения (от 100 до 110 %) обладали формы ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2.

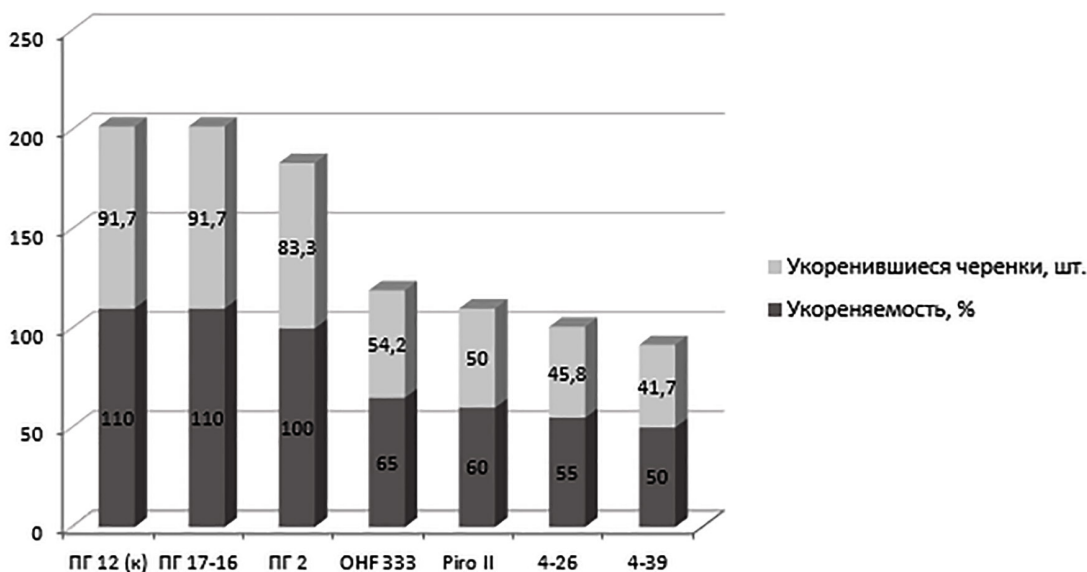
Хорошее укоренение было отмечено у форм груши ОНФ 333 (65,0 %), Piro II (60,0 %). Формы 4-26 и 4-39 укоренились на 55,0 и 50,0 % (рис. 1).

Наибольшим количеством укорененных черенков (от 83,3 до 91,7 шт.) обладали клоновые подвой груши ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2. Формы ОНФ 333 и Piro II укоренились на 50,0 и 54,2 штук. Средней укореняемостью характеризовались подвой 4-26 – 45,8 шт., 4-39 – 41,7 шт. (рис. 1).

Без обработки регулятором роста черенков груши наилучшими результатами укореняемости (от 90,0 до 95,0 %) характеризовались формы ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2. Хорошее укоренение имели формы груши ОНФ 333 (55,0 %), Piro II (50,0 %). Формы 4-26 и 4-39 укоренились на 45,0–40,0 % соответственно (рис. 2).

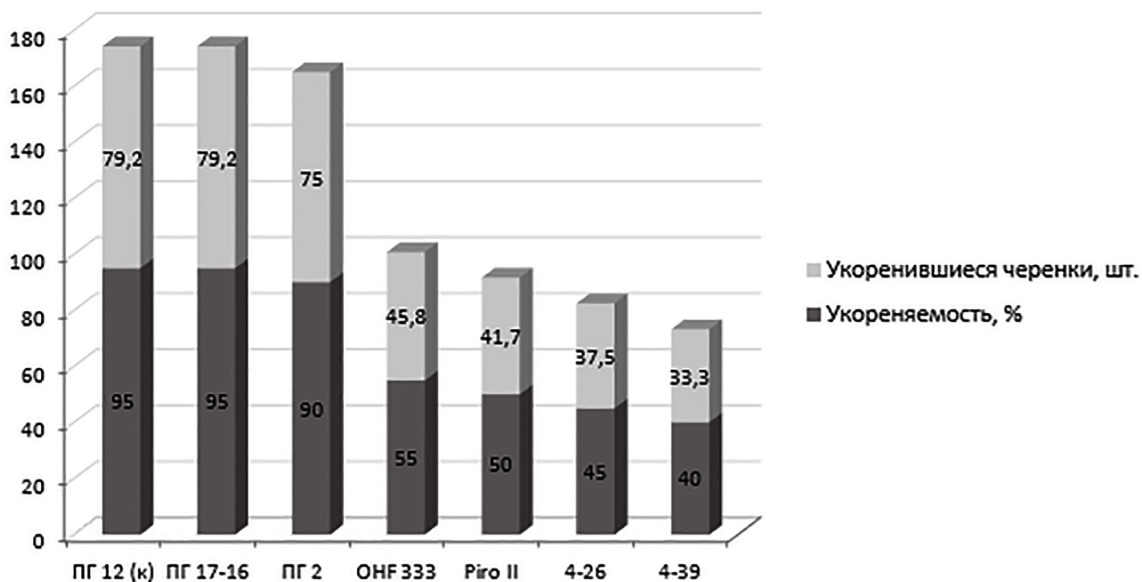
Наилучший результат укоренения без использования стимулятора роста растений продемонстрировали клоновые подвой груши ПГ 2 (75,0 шт.) и ПГ 12 (к), ПГ 17-16 (79,2 шт.). Хорошо укоренились формы ОНФ 333 (45,8 шт.), Piro II (41,7 шт.). Средней укореняемостью обладали формы 4-39 и 4-26 (данный показатель составлял 33,3 и 37,5 шт. соответственно) (рис. 2).

Далее у выкопанных из парника укоренившихся форм груши была измерена длина прироста и длина корневой системы. На основании этого исследования выявляется зависимость скорости роста и развития корневой системы и побегов молодых растений от применения стиму-



**Рисунок 1 – Влияние сроков черенкования на укореняемость зеленых черенков форм груши при использовании стимулятора роста растений β-индолил-3-масляная кислота (ИМК) (50 мг/л) (I декада июня)**

**Figure 1 – The effect of cuttings on the rootability of green cuttings of pear forms when using the plant growth stimulator β-indolyl-3-butyric acid (BCI) (50 mg/l) (I decade of June)**



**Рисунок 2 – Влияние сроков черенкования на укореняемость зеленых черенков форм груши без применения стимулятора роста растений (I декада июня)**

**Figure 2 – The effect of cuttings on the rootability of green cuttings of pear forms without the use of a plant growth stimulator (I decade of June)**

латора роста и корнеобразования (табл. 1 и 2).

В результате проведенных исследований, при взятии с маточных кустов зеленых черенков груши в первой декаде июня (07 июня) и при обработке стимулятором роста β-индолил-3-масляной кислотой (ИМК) (50 мг/л), наибольшей длиной приростов (от 13,7 до 14,1 см) характеризовались формы груши ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2 (табл. 1).

Среднюю длину приростов имели формы ОНФ 333 и Piro II (12,8–12,5 см соответственно). Наименьшая длина приростов была отмечена у форм груши 4-26 (10,7 см) и 4-39 (10,9 см) (табл. 1).

Без применения стимулятора роста лучший результат (от 13,0 до 13,5 см) был отмечен у форм ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2. Средними показателями длины приростов являлись формы груши ОНФ 333 (12,2 см), Piro II (11,9 см). Приростом 10,1 и 10,4 см характеризовались 4-26, 4-39 (табл. 1).

Наибольшая длина корневой системы при обработке черенков ИМК (50 мг/л) (от 8,3 до 8,8 см) была отмечена у форм

груши ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2. Среднюю длину корневой системы имела форма груши ОНФ 333 (5,3 см). Наименьшей длиной корневой системы (4,2–4,7 см) характеризовались Piro II, 4-26, 4-39 см (табл. 1).

Без обработки стимулятором роста наибольшая длина корневой системы (от 6,7 до 8,2 см) была у форм груши ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2. Средней длиной корневой системы (от 4,3 до 4,8 см) характеризовались формы ОНФ 333, Piro II, 4-26. Форма 4-39 имела длину корневой системы в 3,7 см (табл. 1).

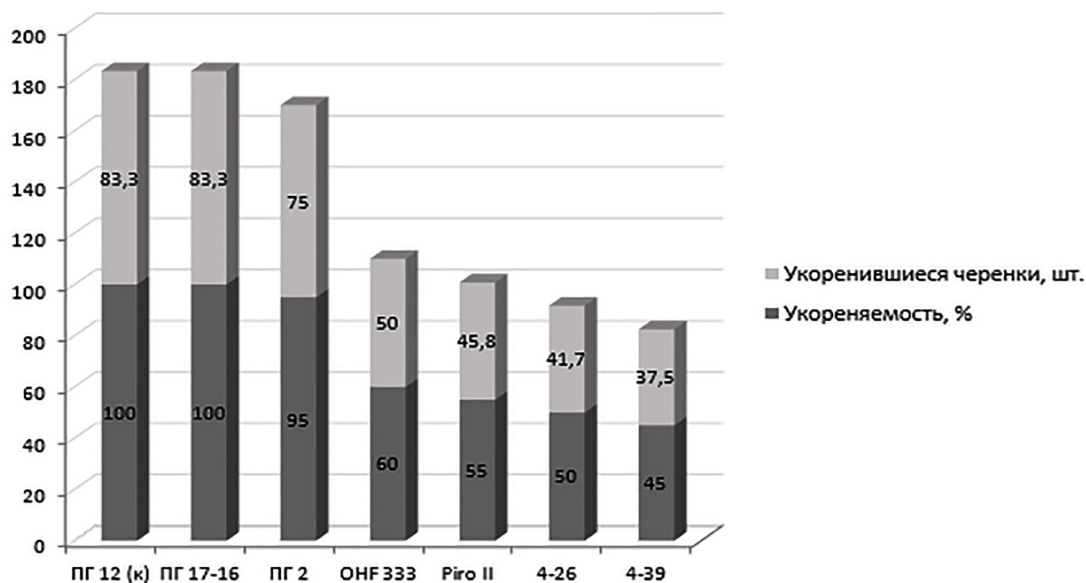
При обработке стимулятором роста растений β-индолил-3-масляной кислотой (ИМК) (50 мг/л), срезанных во второй декаде июня (20 июня) зеленых черенков и последующем их укоренении было установлено, что лучшими показателями укореняемости являются формы ПГ 12 (к) и ПГ 17-16 (100,0 %); ПГ 2 (95,0 %). Хорошая укореняемость (от 50,0 до 60,0 %) отмечена у форм груши 4-26, Piro II, ОНФ 333. Форма 4-39 укоренилась на 45,0 % (рис. 3).

Наибольшим количеством укоренения клоновых подвоев груши при ис-

**Таблица 1 – Биометрические показатели роста и развития укоренившихся черенков в первой декаде июня**

**Table 1 – Biometric indicators of growth and development of rooted cuttings in the first decade of June**

Форма	Длина прироста, см			Длина корневой системы, см		
	min	max	средняя	min	max	средняя
<b>β-индолил-3-масляная кислота (ИМК) (50 мг/л)</b>						
ПГ 12 (к)	13,1	14,5	13,8±0,7	8,0	8,6	8,3±0,6
ПГ 17-16	13,3	15,0	14,1±1,2	8,7	9,0	8,8±0,7
ПГ 2	13,0	14,5	13,7±0,6	8,1	8,5	8,3±0,7
ОНФ 333	12,1	13,0	12,5±0,2	5,2	6,4	5,3±0,1
Piro II	12,2	13,4	12,8±0,3	4,4	5,0	4,7±0,3
4-26	10,2	11,3	10,7±0,8	4,0	4,7	4,3±0,5
4-39	10,4	11,5	10,9±0,1	4,0	4,5	4,2±0,4
<b>Контроль (вода)</b>						
ПГ 12 (к)	12,8	13,5	13,1±0,4	6,9	7,4	7,1±0,2
ПГ 17-16	13,0	14,0	13,5±0,6	8,0	8,4	8,2±0,7
ПГ 2	12,6	13,4	13,0±0,5	6,4	7,1	6,7±0,4
ОНФ 333	12,0	12,4	12,2±0,3	4,7	5,0	4,8±0,3
Piro II	11,9	12,0	11,9±0,7	4,3	4,7	4,5±0,2
4-26	9,9	10,9	10,4±0,5	4,2	4,5	4,3±0,3
4-39	9,7	10,5	10,1±0,1	3,5	4,0	3,7±0,4



**Рисунок 3 – Влияние сроков черенкования на укореняемость зеленых черенков сортов груши при использовании стимулятора роста растений  $\beta$ -индолил-3-масляная кислота (ИМК) (50 мг/л) (II декада июня)**  
**Figure 3 – The effect of cuttings on the rootability of green cuttings of pear varieties when using the plant growth stimulator  $\beta$ -indolyl-3-butyric acid (BCI) (50 mg/l) (II decade of June)**

пользовании стимулятора роста растений (от 75,0 до 83,3 шт.) характеризовались черенки ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2. Хорошо укоренились ОНФ 333, Piro II, 4-26, где данный показатель составлял от 41,7 до 50,0 шт. Форма 4-39 укоренилась лишь на 37,5 шт. (рис. 3).

Наибольшим результатом укоренения без использования стимулятора роста растений (от 70,1 до 75,0 %) характеризовались формы ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2. Хорошо укоренилась форма ОНФ 333 (45,8 %). Средний результат укоренения продемонстрировали формы Piro II (37,5 %), 4-26 (33,3 %), 4-39 (29,2 %) (рис. 4).

Без обработки стимулятором роста у форм ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2 лучшие результаты укореняемости составили от 85,0 до 90,0 шт. Хорошее укоренение (от 40,0 до 55,0 шт.) имели формы ОНФ 333, Piro II, 4-26. Средняя укореняемость была отмечена у формы 4-39 (35,0 шт.) (рис. 4).

Во второй декаде июня при взятии с маточных кустов зеленых черенков груши и при обработке их стимулятором роста  $\beta$ -индолил-3-масляной кислотой (ИМК) (50 мг/л), наибольшей длиной приростов (от 13,0 до 13,6 см) характеризовались

формы груши ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2 (табл. 2).

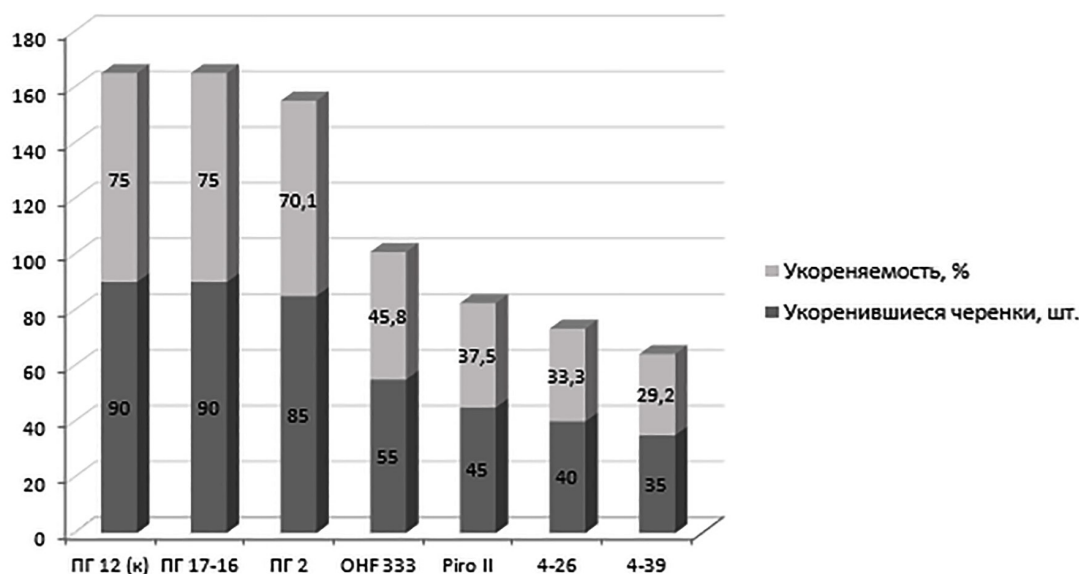
Средними результатами длины приростов являлись формы груши ОНФ 333 и Piro II (12,0 см). Наименьшая длина приростов была отмечена у форм 4-26 (9,9 см) и 4-39 (9,7 см) (табл. 2).

Без использования стимулятора роста наибольшую длину приростов (от 12,5 до 13,2 см) имели формы ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2. Средними результатами характеризовались формы ОНФ 333 (10,9 см) и Piro II (11,0 см). У форм 4-26 и 4-39 длина приростов составляла 9,7–9,2 см соответственно (табл. 2).

Наибольшая длина корневой системы при обработке стимулятором роста ИМК (50 мг/л) отмечена у форм ПГ 12 (к), ПГ 2 (7,5 см) и ПГ 17-16 (к) (7,9 см). Средней длиной корневой системы характеризовалась ОНФ 333 (5,6 см). Формы Piro II, 4-26, 4-39 имели длину корней 3,6–4,2 см (табл. 2).

Без обработки стимулятором роста наибольшую длину корневой системы (от 6,2 до 7,7 см) отмечали у форм ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2. Средним показателем (5,2 см) характеризовалась форма ОНФ





**Рисунок 4 – Влияние сроков черенкования на укореняемость зеленых черенков сортов груши без применения стимулятора роста растений (II декада июня)**  
**Figure 4 – The effect of cuttings on the rootability of green cuttings of pear varieties without the use of a plant growth stimulator (II decade of June)**

**Таблица 2 – Биометрические показатели роста и развития укоренившихся черенков во второй декаде июня**  
**Table 2 – Biometric indicators of growth and development of rooted cuttings in the second decade of June**

Форма	Длина прироста, см			Длина корневой системы, см		
	min	max	средняя	min	max	средняя
<b>β-индолил-3-масляная кислота (ИМК) (50 мг/л)</b>						
ПГ 12 (к)	12,7	14,0	13,3±0,3	7,0	8,0	7,5±0,4
ПГ 17-16	13,0	14,3	13,6±0,9	7,5	8,4	7,9±0,05
ПГ 2	12,5	13,5	13,0±0,6	7,0	8,0	7,5±0,3
ОНФ 333	11,5	12,5	12,0±0,8	5,2	6,0	5,6±0,7
Piro II	11,8	12,3	12,0±0,3	4,0	4,4	4,2±0,5
4-26	9,8	10,1	9,9±0,2	3,7	4,2	3,9±0,8
4-39	9,4	10,0	9,7±0,2	3,2	4,1	3,6±0,03
<b>Контроль (вода)</b>						
ПГ 12 (к)	12,4	13,0	12,7±0,2	6,2	7,0	6,6±0,5
ПГ 17-16	13,0	13,5	13,2±1,1	7,4	8,0	7,7±0,4
ПГ 2	12,0	13,1	12,5±0,9	6,0	6,4	6,2±0,8
ОНФ 333	10,2	11,7	10,9±0,7	5,0	5,4	5,2±0,9
Piro II	10,5	11,5	11,0±0,6	3,6	4,0	3,8±0,1
4-26	9,5	9,9	9,7±0,1	3,6	3,7	3,6±0,2
4-39	9,0	9,5	9,2±0,08	3,0	3,5	3,2±0,3

333. Наименьшей длиной корневой системы (от 3,2 до 3,8 см) обладали формы Ріго II, 4-26, 4-39 (табл. 2).

**Заключение.** В результате проведенных исследований нами установлено, что при взятии с маточных кустов зеленых черенков груши в первой и во второй декадах июня и при обработке срезов стимулятором роста растений  $\beta$ -индоллил-3-масляной кислотой (ИМК) (50 мг/л),

а также без использования стимулятора роста растений наибольшей степенью их укоренения обладали следующие формы: ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2.

Наибольшим количеством укорененных черенков и длиной приростов в первой и второй декаде июня при обработке и без обработки стимулятором роста растений обладали следующие клоновые подвои груши: ПГ 12 (к), ПГ 17-16, ПГ 2.

### Список источников

1. Тележинский Д. Д., Котов Л. А. Наследование признака антоциановой окраски плодов и его влияние на зимостойкость гибридных сеянцев груши // Аграрный вестник Урала. 2016. № 9 (151). С. 63–67.
2. Зацепина И. В. Воздействие стимулятора роста растений янтарной кислоты на укореняемость сортов и форм груши в условиях искусственного тумана // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 96–104. DOI:10.32786/2071-9485-2022-04-12.
3. Нигматянова С. Э., Мурсалимова Г. Р., Тихонова М. А., Мережко О. Е., Югова О. С. Физиологические аспекты влияния стимуляторов на развитие декоративных культур // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2017. № 43 (1). С.97–106.
4. Мамсиров Н. И., Дагужиева З. Ш. Действие регуляторов роста на посеvy озимой пшеницы // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность : материалы IV междунар. науч.-практ. конф. Нальчик : Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, 2018. С. 42–46. EDN: YYSIEH.
5. Боровик Р. А., Большеева Т. Н. Использование фолиарных подкормок при выращивании декоративных деревьев и кустарников // Проблемы агрохимии и экологии. 2017. № 3. С. 45–55.
6. Кшникаткина А. Н., Прахова Т. Я., Медведев А. П. Влияние микроудобрений на продуктивность гвизодии абиссинской // Сурский вестник. 2019. № 3 (7). С. 34–37.
7. Lu Y., Mao Y., Hu Y., Wang Y., Zhang L., Yin Y. [et al.]. Effects of orchard grass on soil fertility and apple tree nutrition // Journal of Plant Nutrition and Fertilizers. 2020. No. 26 (2). P. 325– 337. DOI: 10.11674/zwyf.19104.
8. Нигматянова С. Э., Мурсалимова Г. Р., Кокарев Н. Ф., Мережко О. Е. Влияние стимуляторов роста на растения семейства *Crassulaceae* // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. 50. С.229–232.
9. Коваленко Н. Н. Выращивание посадочного материала садовых культур с использованием зеленого черенкования : методические рекомендации. Краснодар : Северо-Кавказский научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства, 2011. 54 с.
10. Хайлова О. В., Денисов Н. И. Влияние сроков черенкования на укореняемость зеленых черенков древесных растений // Научные ведомости Белгородского государственного университета: Естественные науки. 2012. № 9 (128). С. 49–54.

### References

1. Telezhinskiy D. D., Kotov L. A. Nasledovanie priznaka antotsianovoy okraski plodov i ego vliyanie na zimostoykost gibridnykh seyantsev grushi [Inheritance of the anthocyanin coloring trait of fruits and its effect on the winter hardiness of hybrid pear seedlings]. *Agrarnyy Vestnik Urala*. – *Agrarian Bulletin of the Urals*, 2016; 9 (151): 63–67 (in Russ.).
2. Zatsepina I. V. Vozdeistvie stimulyatora rosta rastenii yantarnoi kisloty na ukorenyaemost' sortov i form grushi v usloviyakh iskusstvennogo tumana [The effect of the plant growth stimulator succinic acid on the rootability of pear varieties and forms in conditions of artificial fog].

*Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and Higher Professional Education, 2022; 4 (68): 96–104. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-12 (in Russ.).*

3. Nigmatyanova S. E., Mursalimova G. R., Tikhonova M. A., Merezhko O. Ye., Yugova O. S. Fiziologicheskie aspekty vliyaniya stimulyatorov na razvitie dekorativnykh kultur [Physiological aspects of the influence of stimulants on the development of ornamental crops]. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. – Fruit Growing and Viticulture in the South of Russia, 2017; 43 (1): 97–106 (in Russ.).*

4. Mamsirov N. I., Daguzhieva Z. Sh. Deistvie regulatorov rosta na posevy ozimoi pshenitsy [The effect of growth regulators on winter wheat crops]. *Proceedings from Agricultural land use and food security: IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. – IV International Scientific and Practical Conference. (PP. 42–46), Nal'chik, Kabardino-Balkarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2018. EDN: YYSIEX (in Russ.).*

5. Borovik R. A., Bolysheva T. N. Ispolzovanie foliarnykh podkormok pri vyrashchivanii dekorativnykh derevev i kustarnikov [The use of foliar fertilizers when growing ornamental trees and shrubs]. *Problemy agrokhimii i ekologii. – Problems of agrochemistry and ecology, 2017; 3: 45–55 (in Russ.).*

6. Kshnikatkina A. N., Prakhova T. Ya., Medvedev A. P. Vliyanie mikroudobrenij na produktivnost' gvizocii abissinskoj [The influence of micronutrients on the productivity of the Abyssinian province]. *Sursky Vestnik. – Sursky Bulletin, 2019; 3 (7): 34–37 (in Russ.).*

7. Lu Y., Mao Y., Hu Y., Wang Y., Zhang L., Yin Y., Shen X. Effects of orchard grass on soil fertility and apple tree nutrition. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2020; 26 (2): 325–337. DOI:10.11674/zwyf.19104.*

8. Nigmatyanova S. E., Mursalimova G. R., Kokarev N. F., Merezhko O. Ye. Vliyanie stimulyatorov rosta na rasteniya semeystva *Srasulakeae* [Effect of growth stimulants on plants of the *Srasulakeae* family]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – Fruit and Berry Growing in Russia, 2017; 50: 229–232 (in Russ.).*

9. Kovalenko N. N. *Vyrashchivanie posadochnogo materiala sadovykh kultur s ispolzovaniem zelenogo cherenkovaniya: metodicheskie rekomendatsii [Cultivation of planting material of garden crops with the use of green cuttings: methodological recommendations]*, Krasnodar, Severo-Kavkazskij nauchno-issledovatel'skij institut sadovodstva i vinogradarstva, 2011, 54 p. (in Russ.).

10. Khaylova O. V., Denisov N. I. Vliyanie srokov cherenkovaniya na ukorenyaemost zelenykh cherenkov drevesnykh rasteniy [The influence of cutting timing on the rooting of green cuttings of woody plants]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta: Estestvennye nauki. – Scientific Bulletin of Belgorod State University: Natural Sciences, 2012; 9 (128): 49–54 (in Russ.).*

© Зацепина И. В., 2023

Статья поступила в редакцию 25.07.2023; одобрена после рецензирования 05.09.2023; принята к публикации 12.09.2023.

The article was submitted 25.07.2023; approved after reviewing 05.09.2023; accepted for publication 12.09.2023.

#### **Сведения об авторе**

**Зацепина Илона Валериевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Федеральный научный центр имени И. В. Мичурина, [ilona.valerevna@mail.ru](mailto:ilona.valerevna@mail.ru)

#### **Information about the author**

**Ilona V. Zatsepina**, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, I. V. Michurin Federal Scientific Center, [ilonavalerevna@mail.ru](mailto:ilonavalerevna@mail.ru)

Научная статья

УДК 635.132(571.61)

EDN WDMGLM

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_36

## Биохимические особенности сортов и гибридов моркови в условиях Приамурья

Антонина Павловна Пакусина<sup>1</sup>, Эльвира Васильевна Тимошенко<sup>2</sup>,  
Татьяна Павловна Платонова<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>3</sup> Амурский государственный университет, Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [pakusina.a@yandex.ru](mailto:pakusina.a@yandex.ru), <sup>2</sup> [fzdpo.dalgau@gmail.com](mailto:fzdpo.dalgau@gmail.com), <sup>3</sup> [platonova.t00@mail.ru](mailto:platonova.t00@mail.ru)

**Аннотация.** В статье представлен материал по изучению биохимических показателей моркови столовой отечественной и зарубежной селекции, выращенной в грунте в крестьянском (фермерском) хозяйстве А. П. Корнеева (с. Каникурган, Благовещенский район, Амурская область). По содержанию сахаров лидировали сорта Приморская 22 и Шантанэ королевская. Кислотность общая в пересчете на яблочную кислоту варьировала от 0,053 % (гибрид Baltimor F1) до 0,199 % (сорт Шантанэ королевская). Содержание витамина С в корнеплодах моркови изменялось от 4,39 мг/100 г (сорт Тайфун) до 8,80 мг/100 г (сорт Шантанэ королевская). Зольность корнеплодов моркови столовой в среднем составила 0,55±0,18 %, содержание сухого вещества – 13,11±1,37 %. Наивысший уровень накопления каротиноидов в корнеплодах отмечен для сортов моркови Тайфун и Суражевская 1. Сорта моркови, полученные селекционерами Приморской овощной опытной станции (филиала Федерального научного центра овощеводства), характеризуются признаками, которые позволяют получать стабильный урожай, имеют лучше биохимические показатели в сравнении с иностранными гибридами. Это определяет их конкурентоспособность, поэтому растениеводы Амурской области успешно используют семена моркови отечественных оригинаторов.

**Ключевые слова:** морковь, корнеплоды, сахара, каротиноиды, витамин С

**Для цитирования:** Пакусина А. П., Тимошенко Э. В., Платонова Т. П. Биохимические особенности сортов и гибридов моркови в условиях Приамурья // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 36–42. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_36.

Original article

## Biochemical features of carrot varieties and hybrids in the conditions of Priamurye

Antonina P. Pakusina<sup>1</sup>, Elvira V. Timoshenko<sup>2</sup>,  
Tatyana P. Platonova<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>3</sup> Amur State University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [pakusina.a@yandex.ru](mailto:pakusina.a@yandex.ru), <sup>2</sup> [fzdpo.dalgau@gmail.com](mailto:fzdpo.dalgau@gmail.com), <sup>3</sup> [platonova.t00@mail.ru](mailto:platonova.t00@mail.ru)

**Abstract.** The article presents the material on the study of biochemical parameters of carrots of domestic and foreign selection. Carrots were grown in the ground in the peasant farm of A. P. Korneev (Kanikurgan, Blagoveshchensk district, Amur region). According to the sugar content, Primorskaya 22 and Shantane Korolevskaya varieties were in the lead. The total acidity in terms of malic acid varied from 0.053 % (Baltimor F1 hybrid) to 0.199 % (Shantane Korolevskaya variety). The content of ascorbic acid in carrot roots varied from 4.39 mg/100 g (Typhoon variety) to 8.80 mg/100 g (Shantane Korolevskaya variety). The ash content of table carrot root crops averaged 0.55±0.18 %, the dry matter content was 13.11±1.37 %. The highest level of accumulation of carotenoids in root crops was noted for carrot varieties Typhoon and

Surazhevskaya I. Carrot varieties obtained by breeders of the Primorsky Vegetable Experimental Station (branch of the Federal Research Center for Vegetable Growing), are characterized by signs that allow getting a stable harvest, have better biochemical indicators in comparison with foreign hybrids. This determines their competitiveness; therefore, plant growers of the Amur region successfully use carrot seeds of domestic originators.

**Keywords:** carrots, root vegetables, sugar, carotenoids, vitamin C

**For citation:** Pakusina A. P., Timoshenko E. V., Platonova T. P. Biokhimicheskie osobennosti sortov i gibridov morkovi v usloviyakh Priamur'ya [Biochemical features of carrot varieties and hybrids in the conditions of Priamurye]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2023; 17; 3: 36–42. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_36.

**Введение.** На рынке овощей корнеплоды моркови имеют стабильный спрос среди населения. Морковь является источником витаминов, минеральных веществ, каротина и других биологически активных веществ [1]. Польза использования моркови в питании известна. Например, острота зрения и чувствительность глаз зависят от насыщенности пищи каротиноидами [2]. Обогащенные каротиноидами диеты проявляют высокую эффективность в коррекции нарушений, связанных с сахарным диабетом, в снижении риска сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [3].

На основании приказа Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 года № 614 «Об установлении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевой продукции, отвечающих требованиям здорового питания», человеку необходимо потреблять в пищу примерно 17 кг моркови столовой в год.

Производство моркови в РФ составляет 60 % от существующей потребности, при этом наименьшая обеспеченность корнеплодами отмечена в Дальневосточном федеральном округе. Овощная продукция на российском Дальнем Востоке импортируется из Китая [4]. Для увеличения производства корнеплодов в Амурской области активно внедряются новые сорта и гибриды F1 отечественной селекции (например, полученные учеными-селекционерами Приморской овощной опытной станции – филиала Федерального научно-го центра овощеводства) [5].

Для стабилизации цен и продвижения продуктов питания местных производителей в Амурской области работает акция «Покупайте Амурское», в которую входят производители мясной, молочной и овощной продукции.

**Цель исследований** состоит в изучении биохимических особенностей среднеспелых сортов и гибридов моркови столовой российской и зарубежной селекции в условиях Приамурья.

**Объекты и методы исследования.** Исследования выполнялись в рамках научно-исследовательской работы по государственному контракту от 27.04.2022 № 01232000003210006960001 с Министерством сельского хозяйства Амурской области.

Изучали семь среднеспелых сортов и один гибрид моркови столовой, выращенных в грунте в крестьянском (фермерском) хозяйстве А. П. Корнеева (с. Каникурбан, Благовещенский район, Амурская область) (табл. 1).

Сорта и гибриды внесены в Госреестр с 1996 г. (сорт Тайфун) по 2014 г. (Приморская 22). Для Дальневосточного региона из изучаемых сортов и гибридов моркови столовой рекомендованы шесть образцов (за исключением гибрида Abaco F1) [6]. Сорта и гибриды моркови рекомендованы для товарного производства и зимнего хранения (за исключением сорта Суражевская 1, которая рекомендована для садово-огородных участков, приусадебных и мелких фермерских хозяйств).

Биохимические показатели в сортах и гибридах моркови столовой определяли согласно требованиям государственных стандартов.

Сухие вещества моркови определяли термогравиметрическим методом. Аскорбиновую кислоту экстрагировали из моркови раствором соляной и щавелевой кислоты и титровали раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия. Титруемую кислотность определяли путем титрования водной вытяжки гидроксидом натрия в присутствии фенолфталеина.

**Таблица 1 – Сорта и гибриды моркови столовой**  
**Table 1 – Varieties and hybrids of garden carrots**

Наименование сорта, гибрида	Внесен в Реестр/ по Дальневосточному региону	Оригинаторы
Приморская 22	+/+	ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»
Тайфун	+/+	ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»
Суражевская 1	+/+	ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»
Крестьянка	+/+	ООО Агрофирма «Седек»
Baltimor F1	+/+	BejoZaden B. V.
Abaco F1	+/-	Monsanto Holland B. V.
Шантанэ Королевская	+/+	ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», ООО Агрофирма «Поиск»

Каротиноиды экстрагировали гексаном и определяли на спектрофотометре при длине волны 450 нм.

**Результаты исследований.** По содержанию сахаров лидировали сорта Приморская 22 и Шантанэ. Однако, корнеплоды сорта Шантанэ имели наиболее высокую общую кислотность, которая характеризует присутствие в корнеплодах органических кислот.

На вкус овощей оказывает влияние соотношение содержания сахаров и кислотности [7]. Наибольший сахарокислотный коэффициент имели корнеплоды сорта Суражевская 1 (169) и Baltimor (207); они имели оценку вкуса 5 баллов. Наименьшее значение сахарокислотного коэффициента отмечено у моркови сорта Шантанэ (оценка вкуса – 3 балла).

По содержанию витамина С в корнеплодах моркови лидировали сорта Суражевская, Шантанэ и гибриды Baltimor, Abaco. Зольность корнеплодов моркови столовой в среднем равна  $0,55 \pm 0,18$  %, содержание сухого вещества достигало  $13,11 \pm 1,37$  % (табл. 2).

Содержание нитратов в корнеплодах моркови столовой было в норме и составило менее 30 мг/кг.

Основными каротиноидами моркови являются  $\alpha$ -каротин,  $\beta$ -каротин, лютеин.

Содержание каротиноидов зависит от сорта моркови, способа определения [1].

Наименьшее количество каротиноидов отмечалось в моркови Baltimor F1 и Abaco F1. Наибольшим количеством каротиноидов обладают сорта Приморской селекции – Тайфун и Суражевская 1. Наибольшая межсортовая вариабельность заключается в накоплении каротиноидов.

Наибольшую урожайность в условиях 2022 г. показал сорт моркови Суражевская 1 (58,5 т/га), наименьшая оказалась у сорта Приморская 22 (27,5 т/га) (рис. 1).

Наибольшая товарная масса корнеплодов была отмечена для сортов Приморская 22 и Суражевская 1, для которых средняя масса корнеплода составила 361,4 и 317,1 г соответственно (рис. 2).

Наиболее крупные корнеплоды оказались у сортов Суражевская 1 и Крестьянка, у которых средняя длина корнеплода составила соответственно  $22,7 \pm 1,1$  и  $20,5 \pm 0,8$  см (рис. 2).

Таким образом, сорта моркови, полученные в Федеральном научном центре овощеводства, характеризуются такими признаками, которые позволяют получать стабильный урожай, имеют лучшие биохимические показатели и превосходят иностранные гибриды. Это определяет их конкурентоспособность, поэтому в связи

Таблица 2 – Биохимические показатели корнеплодов моркови

Table 2 – Biochemical parameters of carrot roots

Наименование сорта, гибрида	Сахара, %	Кислотность общая в пересчете на яблочную кислоту, %	Витамин С, мг/100г	Сухое вещество, %	Зольность, %	Каротиноиды, мг %
Приморская 22	12,0	0,076	4,76	14,31	0,59	101,73
Тайфун	10,5	0,065	4,39	12,69	0,59	144,54
Суражевская 1	11,0	0,065	7,40	13,13	0,39	146,59
Крестьянка	10,0	0,075	4,83	11,60	0,55	75,50
Baltimor F1	11,0	0,053	8,79	13,07	0,96	47,09
Абасо F1	9,5	0,059	8,22	10,87	0,38	51,85
Шантанэ королевская	12,0	0,199	8,8	16,12	0,39	74,59
Среднее значение	10,9±0,94	0,066±0,010	8,30±1,21	13,11±1,37	0,55±0,18	91,69±31,81
Вариативность, %	8,7	13,6	8,0	13,2	36,7	41,2

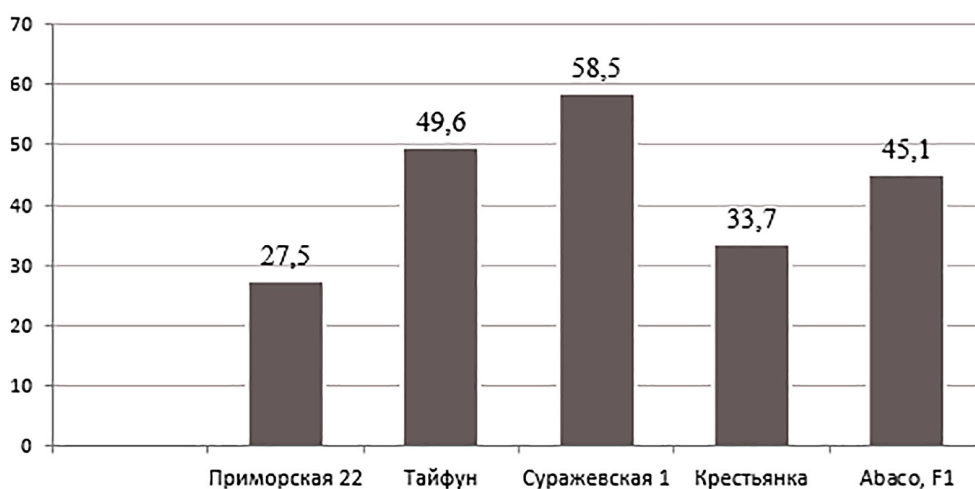


Рисунок 1 – Урожайность сортов и гибридов моркови, т/га

Figure 1 – Productivity of varieties and hybrids of carrots, t/ha

с программой импортозамещения растениеводы Амурской области успешно используют семена моркови отечественных оригинаторов. Следует отметить, что самообеспеченность овощами жителей Амурской области среди дальневосточников выше в 1,3 раза [8, 9].

**Заключение.** Таким образом, на основании изучения биохимических показателей семи сортов и гибридов моркови столовой отечественной и зарубежной селекции, урожай которых получен в крестьянском (фермерском) хозяйстве А. П. Корнеева, можно сделать выводы:



Рисунок 2 – Средний вес и длина корнеплодов моркови  
Figure 2 – Average weight and average length of a carrot root

1. Максимальная урожайность сформирована у сорта моркови Суражевская 1.

2. Высокая органолептическая оценка была дана отечественному сорту Суражевская 1 и гибриду Baltimor F1.

3. Содержание витамина С в корнеплодах моркови составило от 4,39 мг/100 г

(сорт Тайфун) до 8,80 мг/100 г (сорт Шантанэ королевская). Зольность в среднем достигала  $0,55 \pm 0,18$  %, содержание сухого вещества –  $13,11 \pm 1,37$  %.

Наивысший уровень накопления каротиноидов в корнеплодах отмечен для сортов моркови Тайфун и Суражевская.

#### Список источников

1. Зеленкова Е. Н., Егорова З. Е., Шабуня П. С., Фатыхова С. А. Анализ каротиноидов методом ВЭЖХ в отдельных сортах моркови // Вестник Международной академии холода. 2015. № 4. С. 9–15. EDN :VHEBNX.

2. Колдаев В. М., Кропотов А. В. Каротиноиды в практической медицине // Тихоокеанский медицинский журнал. 2022. № 1. С. 65–71. DOI: 10.34215/1609-1175-2022-1-65-71.

3. Arunkumar R, Gorusupudi A, Bernstein P. S. The macular carotenoids: A biochemical overview // Biochimica et biophysica acta (BBA) – Molecular and cell biology of lipids. 2020. Vol. 1865 (11). P. 158617. DOI: 10.1016/j.bbalip.2020.158617.

4. Ветрова С. А., Вюртц Т. С., Заячковская Т. В., Степанов В. А. Современное состояние рынка овощных корнеплодов в РФ и пути решения проблемы продовольственной безопасности // Овощи России. 2020. № 2. С. 16–22. EDN: FRZYOL. DOI:10.18619/2072-9146-2020-2-16-22.

5. Михеев Ю. Г. Достижения селекции столовых корнеплодов в Дальневосточном регионе // Известия Федерального научного центра овощеводства. 2020. № 2. С. 27–31. DOI: 10.18619/2658-4832-2020-2-27-31.

6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений. – М. : Росинформагротех, 2021. 719 с.

7. Пакузина А. П., Ран О. П., Платонова Т. П. Характеристика сортов и гибридов капусты белокочанной по биохимическим показателям в условиях Приамурья // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Т 17. № 1. С. 22–29. DOI: 10.22450/19996837\_2023\_1\_22.



8. Сакара Н. А., Солдатенко А. В., Пивоваров В. Ф., Сухомиров Г. И., Тарасова Т. С., Оздобихин В. И. Основные проблемы дальневосточного овощеводства // Овощи России. 2020. № 6. С. 3–9. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-6-3-9.

9. Тимошенко Э. В. Сравнительная оценка сортов моркови столовой для возделывания в условиях Амурской области // Агронаука. 2023. Т. 1. № 1. С. 125–133. EDN: SSHNXT.

### References

1. Zelenkova E. N., Egorova Z. E., Shabunya P. S., Fatykhova S. A. Analiz karotinoidov metodom VEZhKh v otdel'nykh sortakh morkovi [HPLC analysis of carotenoids in particular carrot (*Daucus Carota* L.) cultivars]. *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda. – Bulletin of the International Academy of Cold*, 2015; 4: 9–15. EDN: VHEBNX (in Russ.).

2. Koldaev V. M., Kropotov A. V. Karotinoidy v prakticheskoi meditsine [Carotenoids in practical medicine]. *Tihookeanskij medicinskij zhurnal. – Pacific Medical Journal*, 2022; 1: 65–71. DOI: 10.34215/1609-1175-2022-1-65-71 (in Russ.).

3. Arunkumar R, Gorusupudi A, Bernstein P. S. The macular carotenoids: A biochemical overview. *Biochimica et biophysica acta (BBA) – Molecular and cell biology of lipids*, 2020; 1865 (11): 158617. DOI: 10.1016/j.bbali.2020.158617.

4. Vetrova S. A., Vyurttis T. S., Zayachkovskaya T. V., Stepanov V. A. Sovremennoe sostoyanie rynka ovoshchnykh korneplodov v RF i puti resheniya problemy prodovol'stvennoi bezopasnosti [Current state of the vegetable root crops in the Russian Federation and ways to solve the problem of food security]. *Ovoshchi Rossii. – Vegetables of Russia*, 2020; 2: 16–22. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-2-16-22 (in Russ.).

5. Mikheev Yu. G. Dostizheniya seleksii stolovykh korneplodov v Dal'nevostochnom regione [Achievements in the selection of table root crops in the Far Eastern region]. *Izvestiya Federal'nogo nauchnogo centra ovoshchevodstva. – News of the Federal Scientific Center of Vegetable Growing*, 2020; 2: 27–31. DOI: 10.18619/2658-4832-2020-2-27-31 (in Russ.).

6. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. Tom 1. Sorta rastenii [State Register of breeding achievements approved for use. Vol. 1. Plant varieties], Moskva, Rosinformagrotekh, 2021, 719 p. (in Russ.).

7. Pakusina A. P., Ran O. P., Platonova T. P. Kharakteristika sortov i gibridov kapusty belokochannoi po biokhimicheskim pokazatelyam v usloviyakh Priamur'ya [Characteristics of white cabbage varieties and hybrids according to the biochemical parameters in Priamurye]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2023; 17 (1): 22–29. DOI: 10.22450/19996837\_2023\_1\_22 (in Russ.).

8. Sakara N. A., Soldatenko A. V., Pivovarov V. F., Sukhomlinov G. I., Tarasova T. S., Oznobikhin V. I. Osnovnye problemy dal'nevostochnogo ovoshchevodstva [Main problems of Far Eastern vegetable growing]. *Ovoshchi Rossii. – Vegetables of Russia*, 2020; 6: 3–9 DOI: 10.18619/2072-9146-2020-6-3-9 (in Russ.).

9. Timoshenko E. V. Sravnitel'naya ocenka sortov morkovi stolovoj dlya vozdel'yvaniya v usloviyakh Amurskoj oblasti [Comparative evaluation of table carrot varieties for cultivation in the Amur region]. *Agronauka. – Agricultural Science*, 2023; 1; 1: 125–133. EDN: SSHNXT (in Russ.).

© Пакузина А. П., Тимошенко Э. В., Платонова Т. П., 2023

Статья поступила в редакцию 07.07.2023; одобрена после рецензирования 25.08.2023; принята к публикации 06.09.2023.

The article was submitted 07.07.2023; approved after reviewing 25.08.2023; accepted for publication 06.09.2023.

**Информация об авторах**

**Пакурина Антонина Павловна**, доктор химических наук, профессор кафедры экологии, почвоведения и агрохимии, Дальневосточный государственный аграрный университет, ORCID: 0000-0001-5547-3444, Author ID: 49719, SPIN-код: 9958-4353, [pakusina.a@yandex.ru](mailto:pakusina.a@yandex.ru);

**Тимошенко Эльвира Васильевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства, Дальневосточный государственный аграрный университет, Author ID: 717063, SPIN-код: 9736-9231, [tim.blag@mail.ru](mailto:tim.blag@mail.ru);

**Платонова Татьяна Павловна**, кандидат химических наук, доцент кафедры химии и химической технологии, Амурский государственный университет, ORCID: 0000-0002-9056-6846, Author ID: 409531, SPIN-код: 4473-4974, [platonova.t00@mail.ru](mailto:platonova.t00@mail.ru)

**Information about authors**

**Antonina P. Pakusina**, Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Ecology, Soil Science and Agrochemistry, Far Eastern State Agrarian University, ORCID: 0000-0001-5547-3444, Author ID: 49719, SPIN-код: 9958-4353, [pakusina.a@yandex.ru](mailto:pakusina.a@yandex.ru);

**Elvira V. Timoshenko**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture and Crop Production, Far Eastern State Agrarian University, Author ID: 717063, SPIN-код: 9736-9231, [tim.blag@mail.ru](mailto:tim.blag@mail.ru);

**Tatyana P. Platonova**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology, Amur State University, ORCID: 0000-0002-9056-6846, Author ID: 409531, SPIN-код: 4473-4974, [platonova.t00@mail.ru](mailto:platonova.t00@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 635.21(571.61)

EDN WXZNEA

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_43

**Сравнительная оценка исходного материала  
картофеля отечественной и зарубежной селекции  
по признаку клубневой продуктивности в условиях Среднего Приамурья**

**Сергей Васильевич Рафальский<sup>1</sup>, Ольга Михайловна Рафальская<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт сои

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [rsv@vniisoi.ru](mailto:rsv@vniisoi.ru), <sup>2</sup> [rom@vniisoi.ru](mailto:rom@vniisoi.ru)

**Аннотация.** Формирование клубневой продуктивности сорта генетически обусловлено рядом признаков и корректируется воздействием экологических факторов окружающей среды. В результате комплексной агроэкологической оценки коллекции отечественных и зарубежных сортов картофеля в контрастных агрометеоусловиях 2014–2022 гг. изучена вариабельность величины признака клубневой продуктивности, характеризующего отдельно обособленные генотипы по фенотипическому значению признака с наложением дополнительного экологического варьирования. Цель исследований – выделить источники повышенной клубневой продуктивности картофеля при сравнительной оценке изучаемого сортимента отечественной и зарубежной селекции в условиях Среднего Приамурья. Получены результаты полевого эксперимента и проведена их статистическая обработка. Осуществлен вариационный анализ данных. Приведены объемы выборки по каждому образцу, установлен размах варьирования величины клубневой продуктивности. Определены и проанализированы показатели дисперсии, стандартного отклонения, ошибки выборочной средней, коэффициентов вариации и выравниваемости изучаемого количественного признака, по фенотипическому значению характеризующего реакцию каждого изучаемого генотипа на конкретные экологические факторы. В качестве генетических источников повышенной клубневой продуктивности из российского сортимента картофеля с незначительной изменчивостью признака и величиной коэффициента выравниваемости, составляющей от 83,1 до 95,1 %, выделены сорта (т/га): Любава (29,6); Холмогорский (28,6); Сапрыкинский (27,4); Гейзер (26,9); Крепыш (26,2); Василий (26,1); Красавица Брянщины (25,6). Из зарубежных сортов могут рассматриваться образцы со средней и значительной изменчивостью признака (75,1–87,1 %) (т/га): Red Lady (29,2); Рокко (28,0); Одиссей (27,1); Латена (27,7); Адретта (26,2) и Луговской (26,2). При средней продуктивности российских сортов за годы изучения 25,8 т/га установлено их преимущество над иностранными с урожайностью 23,6 т/га.

**Ключевые слова:** картофель, генотип, клубневая продуктивность, изменчивость, коэффициент вариации, исходный материал

**Для цитирования:** Рафальский С. В., Рафальская О. М. Сравнительная оценка исходного материала картофеля отечественной и зарубежной селекции по признаку клубневой продуктивности в условиях Среднего Приамурья // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 43–56. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_43.

Original article

**Comparative assessment of potato source material of domestic and foreign selection  
based on tuber productivity in the conditions of the Middle Priamurye**

**Sergey V. Rafalskiy<sup>1</sup>, Olga M. Rafalskaya<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk, Amur region, Russia

<sup>1</sup> [rsv@vniisoi.ru](mailto:rsv@vniisoi.ru), <sup>2</sup> [rom@vniisoi.ru](mailto:rom@vniisoi.ru)

**Abstract.** The tuber productivity of a variety is genetically determined by a number of characters and is adjusted by the impact of environmental factors. As a result of a comprehensive agroecological assessment of the collection of domestic and foreign potato varieties in contrasting agrometeorological conditions in 2014–2022, the variability of the value of the tuber productivity trait, which characterized separately isolated genotypes according to the phenotypic value of the trait, was studied with the imposition of additional ecological variation. The purpose of the research is to identify the sources of increased potato tuber productivity in a comparative assessment of the studied assortment of domestic and foreign selection in the conditions of the Middle Priamurye. The results of the field experiment were obtained and their statistical processing was carried out. A variational analysis of the data was carried out. The sample volumes for each sample are given, the range of tuber productivity variation is established. The indices of variance, standard deviation, error of the sample mean, coefficients of variation and evenness of the studied quantitative trait, which by phenotypic value characterized the response of each studied genotype to specific environmental factors, were determined and analyzed. As genetic sources of increased tuber productivity from the Russian assortment of potatoes with a slight variability of the trait and the value of the evenness coefficient, which is 83.1–95.1 %, the following varieties were selected (t/ha): Lyubava (29.6); Kholmogorsky (28.6); Saprykinsky (27.4); Geyser (26.9); Krepysh (26.2); Vasily (26.1) and Krasavitsa Bryanshchiny (25.6). From foreign varieties, samples with medium and significant variability of the trait (75.1–87.1 %) can be considered (t/ha): Red Lady (29.2); Rocco (28.0); Odyssey (27.1); Latena (27.7); Adretta (26.2) and Lugovskoy (26.2). With an average productivity of the Russian varieties over the years of study amounting to 25.8 t/ha, there was established their benefit over foreign varieties with a yield of 23.6 t/ha.

**Keywords:** potato, genotype, tuber productivity, variability, coefficient of variation, source material

**For citation:** Rafalskiy S. V., Rafalskaya O. M. Sravnitel'naya otsenka iskhodnogo materiala kartofelya otechestvennoi i zarubezhnoi selektsii po priznaku klubnevoi produktivnosti v usloviyakh Srednego Priamur'ya [Comparative assessment of potato source material of domestic and foreign selection based on tuber productivity in the conditions of the Middle Priamurye]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. – *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2023; 17; 3: 43–56. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_43.

**Введение.** Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является ежедневно востребованной населением продовольственной, а также важнейшей технической культурой [1, 2]. Он входит в обязательный рацион многих сельскохозяйственных животных. Продукты картофелепереработки интенсивно используются в социальной сфере нашего общества, а также других современных социально значимых отраслях народного хозяйства страны. Спирт и крахмал в последнее время и в перспективе в значительной степени востребованы в пищевом и фармакологическом производствах, практической медицине [3].

Современные инновационные технологии переработки картофельного крахмала значительно расширили возможности его применения и позволяют получать изделия, крайне необходимые в хирургии, стоматологии; при производстве упаковочных материалов, быстро разлагаемой тары, контейнеров, одноразовой посуды,

утилизация которых все еще остается проблемой планетарного масштаба.

Таким образом, на фоне возрастающих в современных условиях в мировом сообществе вызовов и рисков, отечественный картофель следует рассматривать в качестве национальной стратегической культуры, способной внести существенный вклад в обеспечение продовольственной (и не только) безопасности РФ при реализации программы импортозамещения в картофелеводстве страны.

Для устойчивого производства российского картофеля в необходимых объемах сельхозтоваропроизводители и население нуждаются в новых высокопродуктивных отечественных сортах, обладающих заданными характеристиками [4]. Размещение их на полях, обеспечивая рентабельность производства культуры, создает реальные предпосылки повышения эффективности картофелеводческой отрасли на уровне регионов и в целом по стране [5].

Селекция на повышенную продуктивность является основным направлением при выведении новых сортов картофеля. Формирование высокой величины клубневой продуктивности обеспечивается высокой полевой устойчивостью к комплексу стрессоров [6]. Клубневая продуктивность картофеля или урожайность клубней, являясь основным количественным хозяйственно полезным признаком, определяет комплексную адаптационную способность генотипа [7, 8]. Особенно это характерно в разнообразных, порою достаточно сложных природно-климатических условиях, отличающихся изменчивостью погоды по годам и ее влиянием, зачастую негативного характера, на культивируемые сорта [9].

При этом сортовая реакция культуры на стрессовые ситуации может сильно различаться, несмотря на достаточно высокую в целом пластичность картофеля [10, 12]. В связи с этим величина размаха изменчивости клубневой продуктивности или размаха вариации по сортам может достигать больших значений, которые количественно отражают реакцию отдельного генотипа на изменения или колебания окружающей среды (метеорологических условий). Устойчивые селекционные сорта способны противостоять этим угрозам, существенно не снижая своей продуктивности [13, 14].

Активное изучение разнообразных генетических ресурсов картофеля, представленных географически отдаленными формами, правильный подбор родительских пар и выделение эффективного исходного материала обеспечивают результативность селекционного процесса [15]. Коллекции исходного материала картофеля созданы, обновляются, поддерживаются и оцениваются во всех российских и зарубежных селекционных учреждениях [16–18].

В формате развития и эффективно-го взаимовыгодного функционирования вертикалей селекционного процесса по культуре картофеля в России, предусматривающих активное сотрудничество в звене «головной федеральной селекционно-семеноводческий центр – центры региональных федеральных научных центров и научно-исследовательских учреждений», огромную методическую и практическую помощь оказывают Федеральный исследовательский центр карто-

феля имени А. Г. Лорха и Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР).

В зоне российского Дальнего Востока данное направление успешно курирует Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки.

Вовлечение в селекционный процесс отдаленных форм и малораспространенных видов, диких сородичей картофеля, староместных или «народных» сортов, а также сортов с разной родословной позволяет, увеличивая генофонд культуры, обогатить ее полезными признаками и расширить наследственную базу создаваемых сортов, тем самым повышая их стрессоустойчивость [19, 20]. Для успешного создания новых отечественных сортов, отвечающих современным требованиям потребителей, необходимо постоянное изучение сортообразцов как исходного материала для селекции картофеля в конкретных почвенно-климатических условиях, определение варибельности их количественных признаков в зависимости от изменчивости воздействующего на них комплекса факторов [21].

**Цель исследований** – выделить источники повышенной клубневой продуктивности картофеля при сравнительной оценке изучаемого сортимента отечественной и зарубежной селекции в условиях Среднего Приамурья.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований являлись коллекционные сорта картофеля отечественной и зарубежной селекции изучаемого сортимента культуры.

Закладка питомников, учеты и наблюдения, приемы агротехники в них были осуществлены в селекционном севообороте на луговой черноземовидной почве опытного поля Всероссийского научно-исследовательского института сои в с. Садовое Тамбовского района Амурской области в соответствии с методическими рекомендациями по проведению полевых опытов [22–24].

По каждому изучаемому сорту проведены объемы выборки, включающие количество лет исследований (от пяти до девяти). Установлен размах вариации показателя клубневой продуктивно-

сти каждого сорта. Определены средняя арифметическая, дисперсия, стандартное отклонение, ошибка выборочной средней, коэффициенты вариации и выравнимости изучаемого количественного признака, характеризующего каждый изучаемый генотип [24].

Результаты изучения изменчивости величины клубневой продуктивности сортов по годам показывают возможность их адаптации к конкретным условиям произрастания и определяют способность каждого отдельного генотипа быть использованным в качестве исходного материала в селекции картофеля.

Полевые исследования осуществляли на луговой черноземовидной тяжелой по гранулометрическому составу почве. Содержание гумуса в почве составляет 4,5–4,7 %;  $pH_{\text{вод.}}$  – 5,2; аммиачного азота в пределах 22–28 мг/кг почвы; нитратного азота – 30–50 мг/кг почвы; подвижного фосфора – 45–49 мг/кг почвы, обменного калия – 140–190 мг/кг почвы. Объемная масса почвы – 1,04–1,11 г/см<sup>3</sup>, пористость достигает 43–45 %.

Климат Амурской области резко континентальный с признаками муссонности в летнее время [25]. Зима в основных земледельческих районах суровая и продолжительная. Для нее характерно малое количество осадков, небольшой снежный покров, высокая инсоляция и низкие температуры. Температура воздуха в январе колеблется от минус 24 до минус 46 °С (с абсолютным минимумом, составляющим минус 56 °С). Продолжительность холодного периода составляет 130–160 дней с глубиной промерзания почвы на юге до 2,5 м, в центральных районах – до 3,5 м. Северные сельскохозяйственные районы расположены в зоне островной многолетней мерзлоты.

Весна поздняя затяжная, часто засушливая с выпадением 7–14 % годовых осадков. Колебания температуры в течение суток: днем – до 20–25 °С, ночью – до 1 °С. В мае, в период посадки картофеля, наблюдается сухая, жаркая погода, сопровождающаяся сильными ветрами, что часто приводит к потерям влаги в верхнем слое почвы и ее иссушению. Крайние сроки заморозков на почве отмечены в южной зоне – 3 июня, центральной – 5 июня, северной – 10 июня.

Лето обычно теплое, с умеренной сухой погодой в первой половине и влажной – во второй. С апреля по октябрь выпадает от 320 до 500 мм осадков (60–70 % годового количества), что вызывает периодическое переувлажнение почвы. В годы с избыточным увлажнением наибольшее количество осадков выпадает в июле и августе (до 150–160 мм); в годы с недостатком влаги дефицит ее наиболее ощущается в июне. Растения испытывают недостаток влаги в начале роста и развития, а во второй половине вегетации порой страдают от ее избытка.

Первая половина осени – влажная, теплая, вторая – сухая.

Сумма активных температур воздуха в южной зоне составляет 2 160–2 300 °С, центральной – 2 050–2 160 °С, северной – 1 860–2 060 °С. Средняя температура наиболее теплого месяца июля колеблется в пределах 16–18 °С на севере до 20–21 °С на юге. Продолжительность безморозного периода – от 57 дней на севере до 144 дней на юге.

Высокое напряжение тепла, обилие света и достаточное количество осадков в течение наиболее теплых месяцев благоприятствуют выращиванию сельскохозяйственных культур, включая картофель. В то же время недостаток влаги весной и в начале лета; медленное прогревание почвы весной и длительное оттаивание сезонной мерзлоты; большое количество осадков в июле и августе, приводящее к частым переувлажнениям и уплотнению почвы; относительно короткий период вегетации оказывают отрицательное влияние на формирование урожая возделываемых культур.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Реализация продукционного потенциала генотипа предполагает соответствие биологических особенностей растительного организма агроклиматическим и погодным условиям региона [26]. Агрометеословия, особенно контрастный их характер по годам, оказывают существенное влияние на характер проявления в естественных полевых условиях признака продуктивности у оцениваемых образцов [27].

В ходе селекционного процесса по культуре картофеля в местных условиях постоянно осуществляется комплексная

оценка исходного материала по качественным и количественным хозяйственным признакам. В результате такой оценки в качестве исходных форм выделяются перспективные генетические источники картофеля, обладающие позитивными хозяйственно полезными качествами, комплексным интегрированным показателем которых является величина клубневой продуктивности [28–30].

Клубневая продуктивность картофельного растения (куста) складывается из генетически обусловленных хозяйственно полезных признаков: количества клубней и средней массы клубня [27]. Фенотипическое выражение этих признаков обусловлено влиянием гидротермических условий. Эти условия за счет степени своего соответствия биологии каждого генетически обособленного организма (сорта) обеспечивают полноту реализации его потенциальной клубневой продуктивности. Чем меньше изменчивость признака продуктивности сорта при его продуцировании по годам, тем более высокими адаптационными свойствами он обладает. В связи с этим успешнее его интродукция и результативное использование как исходного материала в селекционном процессе для создания высокопродуктивных сортов, приспособленных к конкретным почвенно-климатическим условиям.

В результате эксперимента, осуществленного в полевых условиях, была дана сравнительная оценка 35 российским селекционным сортам картофеля и 33 иностранным сортам из Германии, Голландии, Австрии, Франции, Швеции, Финляндии, Украины, изученным в качестве исходного материала культуры по признаку повышенной клубневой продуктивности. Рассмотрена изменчивость величины урожая клубней в зависимости от сорта и условий произрастания культуры. Метеоусловия в годы исследований по своим показателям различались друг от друга и климатической нормы. Ежегодно складывающиеся гидротермические условия в различной степени влияли на формирование клубневой продуктивности изучаемых сортов.

Сравнительная оценка клубневой продуктивности коллекционного отечественного и зарубежного сортиментов картофеля показала преимущество российских сортов, сформировавшихся в сред-

нем на 1 га площади 25,8 т клубней в сравнении с сортами иностранной селекции, обеспечивающими среднюю продуктивность посадок на уровне 23,6 т на 1 га.

На основании результатов статистических расчетов и вследствие анализа вариабельности величины клубневой продуктивности отечественных сортов картофеля нами отмечено, что из всего объема выборки (35 сортов) только сорт Сапрыкинский имел размах изменчивости (варьирования) изучаемого признака, составляющий ниже 5 т/га (размах вариации равен 3,3 т/га) при достаточно высоком уровне урожайности, составляющей в среднем за 6 лет 27,4 т/га с ошибкой выборочной средней  $27,4 \pm 0,55$  т/га (табл. 1).

Изменчивостью признака с величиной размаха клубневой продуктивности или урожайности, находящейся в диапазоне 5–10 т/га, характеризовались сорта:

Василий (размах вариации 6,0 т/га, средняя урожайность 26,1 т/га, ошибка выборочной средней  $\pm 0,92$  т/га);

Гейзер (размах вариации 6,2 т/га, средняя урожайность 26,9 т/га, ошибка выборочной средней  $\pm 0,96$  т/га);

Хозяюшка (размах вариации 6,8 т/га, средняя урожайность 23,0 т/га, ошибка выборочной средней  $\pm 0,96$  т/га);

Крепыш (размах вариации 7,6 т/га, средняя урожайность 26,2 т/га, ошибка выборочной средней  $\pm 1,19$  т/га);

Юбиляр (размах вариации 7,7 т/га, средняя урожайность 22,6 т/га, ошибка выборочной средней  $\pm 1,06$  т/га);

Югра и Югана (размах вариации у обоих 8,2 т/га, средняя урожайность, равная соответственно  $24,7 \pm 1,61$  т/га и  $24,6 \pm 1,57$  т/га);

Янтарь (размах вариации 9,3 т/га, средняя урожайность 22,8 т/га, ошибка выборочной средней  $\pm 1,41$  т/га);

Симфония (размах вариации 9,8 т/га, средняя урожайность 23,8 т/га, ошибка выборочной средней  $\pm 1,62$  т/га).

В целом нижний и верхний пределы размаха варьирования урожайности российских сортов по годам составляли 3,3 и 23,4 т/га. Величина их у различных генотипов формировалась в зависимости от их реакции на окружающую среду.

**Таблица 1 – Вариабельность величины клубневой продуктивности отечественных сортов картофеля в условиях Среднего Приамурья**

**Table 1 – Variability in the value of tuber productivity of domestic potato varieties in the conditions of the Middle Priamurye**

Сорт	Выборка, лет	Размах вариации, т/га	Ошибка выборочной средней, т/га	Дисперсия, т/га	Стандартное отклонение, т/га	Коэффициент вариации, %
<b>Ранние</b>						
Удача (st)	9	12,1	24,3±1,6	23,41	4,54	19,90
Жуковский ранний	8	20,8	25,6±2,46	48,25	6,95	27,14
Фермер	8	15,0	23,5±1,76	24,80	4,98	21,19
Красавица Брянщины	6	18,7	25,6±0,58	2,02	1,42	5,55
Холмогорский	9	12,4	28,6±0,73	4,77	2,18	7,64
Любава	5	12,8	29,6±2,25	25,24	5,02	16,97
Огниво	5	15,3	27,6±3,48	60,56	7,78	28,30
Крепыш	8	7,6	26,2±1,19	11,45	3,46	13,20
Алена	6	18,7	27,5±2,33	32,71	5,72	20,80
Юбиляр	9	7,7	22,6±1,06	10,16	3,19	14,10
Снегирь	9	14,3	21,2±1,33	15,91	3,99	18,82
<b>Среднеранние</b>						
Невский (st)	9	14,0	25,3±3,5	31,20	5,58	22,06
Лазарь	9	20,1	22,8±2,62	61,70	7,85	32,98
Лина	6	20,4	23,8±3,29	65,14	8,07	23,88
Вершининский	8	14,9	23,8±2,08	34,66	5,89	24,74
Сапрыкинский	6	3,3	27,4±0,55	1,81	1,34	4,91
Красавчик	6	9,5	23,5±1,48	13,14	3,62	15,42
Вулкан	8	14,8	25,0±1,98	31,33	5,60	22,39
Рябинушка	5	12,5	28,8±2,41	29,02	5,39	18,70
Памяти Рогачева	9	13,9	21,5±2,33	24,83	4,98	23,18
Камчатка	6	13,8	22,3±0,89	25,20	4,82	21,60
Гейзер	6	6,2	26,9±0,96	5,58	2,36	8,77
<b>Среднеспелые</b>						
Василий	6	6,0	26,1±0,92	5,07	2,25	8,62
Дачный	6	10,0	23,6±1,38	11,52	3,39	14,38
Хозяюшка	6	6,8	23,0±0,96	5,52	2,35	10,22
Югра	6	8,2	24,7±1,61	15,55	3,94	15,96
Югана	6	8,2	24,6±1,57	14,77	3,84	15,62
Кетский	5	16,8	31,2±3,50	61,40	7,84	25,10
Отрада	6	11,9	22,9±1,85	20,72	4,55	19,80
<b>Среднепоздние</b>						
Зольский	8	14,2	27,1±2,03	33,05	5,75	21,21
Симфония	6	9,8	23,8±1,62	15,69	3,96	16,64
Вдохновение	5	14,1	31,6±2,95	43,64	6,60	20,89
Чайка	8	23,4	24,3±3,02	75,44	8,68	35,72
Смак	6	11,5	20,8±1,91	21,83	4,67	22,46
Янтарь	6	9,3	22,8±1,41	11,98	3,46	15,18



Минимальные величины показателей дисперсии и стандартного отклонения изучаемого признака установлены у сортов Василий, Сапрыкинский, Красавица Брянщины, Холмогорский и Гейзер. Значения величины отмеченных показателей по этим сортам колебались соответственно, дисперсии в пределах 1,81–5,58 т/га и стандартного отклонения 1,34–2,36 т/га.

Выделенные генотипы характеризуются слабой изменчивостью признака с коэффициентом вариации менее 10 % и средней клубневой продуктивностью за ряд лет на уровне 25,6–28,6 т/га.

Коэффициент выравненности признака в выборках отмеченного отечественного сортимента культуры был выше 90 % и составлял у сортов Василий – 91,4 %, Сапрыкинский – 95,1 %, Красавица Брянщины – 94,4 %, Холмогорский – 92,4, Гейзер – 91,2 %.

Рассматривая всю совокупность выборки группы сортов отечественной селекции, необходимо отметить, что помимо выделенных выше пяти сортов со слабой изменчивостью изучаемого признака, но достаточно высокой его величиной по годам и в среднем за периоды наблюдений, 14 генотипов характеризовались средней изменчивостью признака (в пределах 10–20 %). Столько же образцов отнесено к группе со значительной вариабельностью величины клубневой продуктивности. При этом совокупность данных признака продуктивности всех отмеченных выше сортов является однородной; у сортов Лазарь и Чайка при коэффициентах вариации со значением более 33 % является неоднородной.

В результате статистического анализа выборки данных величин клубневой продуктивности каждого изучаемого сортообразца, выделены в селекционный процесс по культуре картофеля следующие коллекционные сорта с клубневой продуктивностью (т/га): Любава – 29,6; Холмогорский – 28,6; Сапрыкинский – 27,4; Гейзер – 26,9; Крепыш – 26,2; Василий – 26,1; Красавица Брянщины – 25,6.

Тенденция вариабельности величины клубневой продуктивности зарубежных сортов картофеля характеризовалась определенными особенностями по отношению к динамике изменчивости этого признака у сортов российской селекции.

Определены семь иностранных образцов со сравнительно невысокой, относительно других, величиной размаха варьирования изучаемого признака (в пределах до 10 т/га) (табл. 2).

Из них шесть генотипов за годы полевых испытаний со средней урожайностью клубней до 25 т/га (18,0–24,8 т/га) и сорт Лабела (Германия) с более высокой продуктивностью (размах вариации 8,8 т/га, средняя урожайность 26,0 т/га, ошибка выборочной средней  $\pm 1,93$  т/га). Величина коэффициента вариации признака у этих сортов составила 10–20 %, что характеризует среднюю степень его изменчивости за годы наблюдений. У рассматриваемых иностранных сортов за годы наблюдений не выявлено в складывающихся метеоусловиях способности к устойчивости величины изучаемого признака по годам.

Установлены сорта картофеля в среднем за пять лет испытаний с достаточно высокой клубневой продуктивностью, величина которой имела также среднюю степень изменчивости, но величина значений размаха варьирования признака была высокой. Это селекционные сорта из Германии:

Red Lady (размах вариации 14,7 т/га, средняя урожайность 29,2 т/га, ошибка выборочной средней  $\pm 0,70$  т/га);

Адретта (размах вариации 12,0 т/га, средняя урожайность 26,2 т/га, ошибка выборочной средней  $\pm 1,97$  т/га).

Кроме того, семь образцов (немецкие сорта: Одиссей, Леони, Примадонна, Каратоп; голландский сорт Ред Скарлет, австрийский – Рокко и украинский – Луговской) характеризовались формированием клубневой продуктивности на уровне 25–28 т/га, с размахом вариабельности от 12,3 до 20,7 т/га и значительной степенью изменчивости признака (в пределах 21,76–27,7 %). Совокупность данных выборки изучаемого признака у 28 зарубежных сортов, из 33 изучаемых, была однородной, у остальных пяти – неоднородной.

В итоге выделены генотипы с показателями средней и значительной изменчивости признака и величиной коэффициента выравненности выборки образцов в пределах 75,7–87,1 %, которые могут быть использованы в селекционном процессе

**Таблица 2 – Вариабельность величины клубневой продуктивности зарубежных сортов картофеля в условиях Среднего Приамурья****Table 2 – Variability in the value of tuber productivity of foreign potato varieties in the conditions of the Middle Priamurye**

Сорт, страна	Выборка, лет	Размах вариации, т/га	Ошибка выборочной средней, т/га	Дисперсия, т/га	Стандартное отклонение, т/га	Коэффициент вариации, %
<b>Ранние</b>						
Рикья, Германия	8	11,7	22,4±1,47	17,38	4,17	18,62
Латона, Германия	5	13,3	27,7±2,50	31,33	5,60	20,22
Витесса, Германия	5	22,9	25,8±1,68	95,92	9,79	38,90
Леони, Германия	8	20,7	25,0±2,45	47,98	6,93	27,71
Примадонна, Германия	8	12,3	25,6±2,18	38,03	6,17	24,09
Импала, Германия	8	24,1	23,5±2,77	61,33	7,83	33,32
Ривьера, Голландия	8	16,3	24,2±2,42	96,78	6,87	28,26
Наташа, Германия	8	18,7	24,4±2,54	51,65	7,19	29,46
Каратоп, Германия	9	16,9	25,6±2,09	39,55	6,29	24,37
Ред Скарлет, Голландия	9	18,9	23,3±1,55	21,63	4,65	19,96
Гала, Германия	9	10,6	23,9±2,45	53,99	7,35	30,75
Тимо, Финляндия	5	11,9	20,9±1,90	18,09	4,25	20,35
Бородянский розовый, Украина	5	8,6	24,8±1,67	14,02	3,74	15,10
Амороза, Голландия	6	15,9	22,2±2,29	31,48	5,61	25,28
Королле, Франция	5	5,9	21,2±1,09	5,90	2,49	11,45
<b>Среднеранние</b>						
Лабела, Германия	5	8,8	26,0±1,93	18,62	4,32	16,60
Red Lady, Германия	5	14,7	29,2±0,70	14,11	3,76	12,86
Виктория, Голландия	8	21,8	21,9±2,47	48,95	7,0	31,96
Стелла, Голландия	5	3,8	19,5±0,72	2,56	1,60	8,20
Зекура, Германия	5	16,6	18,0±2,74	37,48	6,12	34,01
Адретта, Германия	5	12,0	26,2±1,97	19,52	4,42	16,87
Альвара, Германия	5	7,3	22,2±1,40	9,74	3,12	14,05

Продолжение таблицы 2

Сорт, страна	Выборка, лет	Размах вариации, т/га	Ошибка выборочной средней, т/га	Дисперсия, т/га	Стандартное отклонение, т/га	Коэффициент вариации, %
Никита, Голландия	9	20,9	24,2±2,51	56,87	7,54	31,16
Родрига, Германия	9	14,4	24,3±2,06	38,08	6,17	25,99
Розамунда, Финляндия	6	12,0	23,1±2,07	25,73	5,07	21,94
Романо, Голландия	5	23,7	22,5±3,75	70,40	8,39	37,22
Санте, Голландия	5	5,6	21,9±0,98	4,81	2,13	10,12
Свитанок Киевский, Украина	5	10,3	17,7±1,73	15,0	3,88	21,90
<b>Среднеспелые</b>						
Одиссей, Германия	8	16,0	27,1±2,26	40,91	6,40	23,60
Рокко, Австрия	5	14,7	28,0±3,04	46,36	6,81	24,32
Луговской, Украина	5	13,1	27,1±2,64	34,79	5,90	21,76
Агата, Голландия	5	7,1	18,0±1,35	9,20	3,03	16,85
<b>Среднепоздний</b>						
Мустанг, Голландия	5	20,8	24,0±4,45	99,22	9,98	41,50

культуры картофеля по отмеченному признаку. К ним относятся сорта из Германии Red Lady, Одиссей, Латена, Адретта, а также австрийский сорт Рокко и украинский – Луговской.

**Заключение.** 1. Выделены генетические источники повышенной клубневой продуктивности:

из числа российских сортов – Любава (средняя урожайность 29,6 т/га, коэффициент вариации 16,9 %), Холмогорский (соответственно 28,6 т/га, 7,6 %), Сапрыкинский (27,4 т/га, 4,9 %), Гейзер (26,9 т/га, 8,8 %), Крепыш (26,2 т/га, 13,2 %), Василий (26,1 т/га, 8,6 %), Красавица Брянщины (25,6 т/га, 5,6 %).

из числа иностранных сортов – Red Lady (29,2 т/га, 12,9 %), Рокко (28,0 т/га, 24,3 %), Одиссей (27,1 т/га, 23,6 %), Латена (27,7 т/га, 20,2 %), Луговской и Адретта (оба – 26,2 т/га, 16,9 %).

2. По клубневой продуктивности установлено преимущество российских сортов картофеля, сформировавшихся за весь период исследований в среднем на 1 га 25,8 т клубней, по отношению к сортам иностранной селекции со средней продуктивностью на уровне 23,6 т на 1 га.

3. Выделенный отечественный исходный материал картофеля отличался в целом незначительной изменчивостью величины изучаемого признака с коэффициентом выравненности в пределах значений, составляющих от 83,1 до 95,1 %. Выборка зарубежного сортикета культуры в качестве исходных форм охарактеризована вариабельностью признака от средней степени до значительной с меньшей выравненностью данных (от 75,1 до 87,1 %).

## Список источников

1. Симаков Е. А., Анисимов Б. В., Митюшкин А. В., Журавлев А. А. Сортовые ресурсы картофеля для целевого выращивания // Картофель и овощи. 2017. № 11. С. 24–26. EDN: ZRQLFF.
2. Katherine A. Beals. Potatoes, nutrition and health // American Journal of Potato Research. 2019. No. 96. P. 102–110. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-019-09724-9>.
3. Putz B. Der zritige moglichketion zur selektion bon verarbeitungs sortenlureh den zuchter // Kartoffelbau. 1995. No. 11. P. 427–431.
4. Журавлева Е. В., Букаева Н. М., Филипчук А. А. Создание новых отечественных сортов картофеля на основе современных генетических технологий и методов селекции // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 3. С. 92–94. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10319.
5. Киру С. Д., Симаков Е. А. Картофелеводство России: состояние и перспективы развития // Сборник научных трудов Отделения сельскохозяйственных наук Петровской академии наук и искусств (выпуск 7). СПб. : Северная Звезда. 2019. С. 22–35.
6. Жевора С. В. Экологическая адаптивность перспективных сортов картофеля отечественной селекции и экономическая оценка их возделывания // Земледелие. 2019. № 5. С. 30–35. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10508.
7. Hussain T. Potatoes: ensuring food for the future // MedCrave. 2016. No. 3 (6). P. 178–182. DOI: <https://doi.org/10.15406/apar.2016.03.00117>.
8. Meenakshi Kumari, Manoj Kumar, Shashank Shekhar Solankey. Breeding potato for quality improvement. eBook, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.71482>.
9. Гайзатулин А. С., Митюшкин А. В., Журавлев А. А., Митюшкин А. В., Салюков С. С., Овечкин С. В. [и др.]. Подбор и оценка исходного материала в селекции картофеля на пригодность к переработке // Картофель и овощи. 2019. № 7. С. 36–40. DOI: 10.25630/PAV.2019.34.88.011.
10. Журавлева Е. В., Фурсов С. В. Картофелеводство как одно из приоритетных направлений федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы // Картофель и овощи. 2018. № 5. С. 6–9. EDN: UOYFLA.
11. Rafalskiy S., Rafalskaya O., Melnikova T. Adaptive potential assessment of the potato varieties in the conditions of the Amur region // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021): International Scientific Conference, Springer, Cham, 2022. Vol. 353. P. 238–245. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8\_28.
12. Сергеева З. Ф., Синцова Н. Ф., Лыскова И. В., Лыскова Т. В. Оценка сортов картофеля по урожайности и биохимическим показателям в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 64 (3). С. 34–38. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.64.3.34-38.
13. Демиденко Г. А., Хижняк С. В., Мучкина Е. Я. Качественная оценка клубней картофеля как сырья для продуктов питания населения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2021. № 12. С. 267–274. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-12-267-274.
14. Амелюшкина Т. А. Оценка сортов картофеля по комплексу хозяйственно-ценных признаков в питомнике экологического испытания // Владимирский земледелец. 2019. № 3 (89). С. 37–39. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10079.
15. Коршунов А. В., Симаков Е. А., Лысенко Ю. Н., Анисимов Б. В., Митюшкин А. В., Гаитов М. Ю. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 3. С. 20–23. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10303.
16. Hosaka K., Sanetomo R. Broadening genetic diversity of the Japanese potato gene pool // American Journal of Potato Research. 2020. No. 97 (1). P. 127–142. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-020-09762-8>.

17. Шерстюкова Т. П., Иващенко А. Д. Результаты комплексной оценки коллекции сортов картофеля в условиях Камчатского края // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 3 (51). С. 64 – 68. DOI: 10.24411/1999-6837-2019-13037.
18. Гордиенко В. В., Бондарчук А. А., Фурдыга Н. Н., Захарчук Н. А. Выделение хозяйственно ценных признаков для практической селекции среди образцов, составляющих генофонд картофеля // Картофелеводство : сб. научн. тр. Минск, 2013. Т. 26. С. 96–100.
19. Козлова Л. Н., Незаконова О. Б., Рядинская Е. А. Потребительские качества новых сортов картофеля белорусской селекции // Картофелеводство : сб. научн. тр. Минск, 2021. Т. 29. С. 24-29. DOI: <https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-24-29>.
20. Bidner U., Dobias K. The effect of variety, locality and year on table quality and test potatoes // Rost. Vyr. 1986. Vol. 10. P. 59–70.
21. Жевора С. В., Анисимов Б. В., Симаков Е. А., Овэс Е. В., Зебрин С. Н. Картофель: проблемы и перспективы // Картофель и овощи. 2019. № 7. С. 2–6. DOI: 10.25630/PAV.2019.89.92.006.
22. Методика исследования по культуре картофеля. М. : Колос, 1967. 262 с.
23. Симаков Е. А., Складорова Н. П., Яшина И. М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. М. : Достижения науки и техники АПК, 2006. 70 с.
24. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 285 с.
25. Система земледелия Амурской области / под. ред. П. В. Тихончука. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2016. 570 с. DOI: 10.22450/9785964202769.
26. Сташевски З. А., Кузьминова О. А., Вологин С. Г., Гизатулина А. Т., Гимаева Е. А., Сафиуллина Г. Ф. [и др.]. Первые результаты эколого-географического испытания новых российских сортов картофеля // Земледелие. 2019. № 6. С. 43–48. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10610.
27. Синцова Н. Ф., Лыскова И. В. Изучение исходного материала картофеля в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21 (6). С. 697–705. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.697-705.
28. Рафальский С. В., Рафальская О. М., Мельникова Т. В. Результаты сравнительной оценки сортов картофеля по урожайности и параметрам адаптивности в условиях Приамурья // Вестник Дальневосточного отделения РАН. 2020. № 4. С. 81–85. DOI: 10.37102/08697698.2020.212.4.013.
29. Рафальский С. В., Рафальская О. М., Мельникова Т. В. Источники основных хозяйственно ценных признаков для селекции картофеля в Приамурье // Картофель и овощи. 2019. № 10. С. 35–37. DOI: 10.25630/PAV.2019.87.74.001.
30. Рафальский С. В., Рафальская О. М., Мельникова Т. В. Сравнительная оценка органолептических качеств клубней изучаемого сортимента картофеля в Среднем Приамурье // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 1 (53) С. 38–47. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-11006.

## References

1. Simakov E. A., Anisimov B. V., Mityushkin A. V., Zhuravlev A. A. Sortovye resursy kartofelya dlya tselevogo vyrashchivaniya [Potato varietal resources for targeted cultivation]. *Kartofel' i ovoshchi. – Potato and Vegetables*, 2017; 11: 24–26. EDN: ZRQLFF (in Russ.).
2. Katherine A. Beals. Potatoes, nutrition and health. *American Journal of Potato Research*, 2019; 96: 102–110. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-019-09724-9>.
3. Putz B. Der zritige moglichketion zur selektion bon verarbeitungs sortenlureh den zuchter. *Kartoffelbau*, 1995; 11: 427–431.
4. Zhuravleva E. V., Bukaeva N. M., Filipchuk A. A. Sozdanie novykh otechestvennykh sortov kartofelya na osnove sovremennykh geneticheskikh tekhnologii i metodov selektsii

[Creation of new domestic potato varieties based on up-to-date genetic technologies and selection methods]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex*, 2018; 3: 92–94. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10319 (in Russ.).

5. Kiru S. D., Simakov E. A. Kartofelevodstvo Rossii: sostoyanie i perspektivy razvitiya [Potato growing in Russia: state and development prospects]. Proceedings from *Sbornik nauchnykh trudov Otdeleniya sel'skohozyajstvennykh nauk Petrovskoj akademii nauk i iskusstv – Collection of scientific papers of the Department of Agricultural Sciences of Petrovskaya Academy of Sciences and Arts*. (PP. 22–35), Sankt-Peterburg, Severnaya Zvezda, 2019 (in Russ.).

6. Zhevora S. V. Ekologicheskaya adaptivnost' perspektivnykh sortov kartofelya otechestvennoi seleksii i ekonomicheskaya otsenka ikh vozdeleyvaniya [Environmental adaptability of promising domestic selection potato varieties and economic assessment of their cultivation]. *Zemledelie. – Agriculture*, 2019; 5: 30–35. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10508 (in Russ.).

7. Hussain T. Potatoes: ensuring food for the future. *MedCrave*, 2016; 3 (6): 178–182. DOI: <https://doi.org/10.15406/apar.2016.03.00117>.

8. Meenakshi Kumari, Manoj Kumar, Shashank Shekhar Solankey. Breeding potato for quality improvement, eBook, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.71482>.

9. Gaizatulin A. S., Mityushkin A. V., Zhuravlev A. A., Mityushkin A. V., Salyukov S. S., Ovechkin S. V. [et al.]. Podbor i otsenka iskhodnogo materiala v seleksii kartofelya na prigodnost' k pererabotke [Choosing and assessing a source material in potato selection for suitability for processing]. *Kartofel' i ovoshchi. – Potato and Vegetables*, 2019; 7: 36–40. DOI: 10.25630/PAV.2019.34.88.011 (in Russ.).

10. Zhuravleva E. V., Fursov S. V. Kartofelevodstvo kak odno iz prioritetykh napravlenii federal'noi nauchno-tekhnicheskoi programmy razvitiya sel'skogo khozyaistva na 2017–2025 gody [Potato growing as one of the priority areas of the 2017–2025 Federal Scientific and Technical Agriculture Development Program]. *Kartofel' i ovoshchi. – Potato and Vegetables*, 2018; 5: 6–9. EDN: UOYFLA (in Russ.).

11. Rafalskiy S., Rafalskaya O., Melnikova T. Adaptive potential assessment of the potato varieties in the conditions of the Amur region. Proceedings from *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021): International Scientific Conference*. (PP. 238–245), Springer, Cham, 2022; 353. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8\_28.

12. Sergeeva Z. F., Sintsova N. F., Lyskova I. V., Lyskova T. V. Otsenka sortov kartofelya po urozhainosti i biokhimicheskim pokazatelyam v usloviyakh Kirovskoi oblasti [Evaluation of potato varieties in terms of yield capacity and biochemical parameters in the conditions of Kirov region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – Agricultural Science Euro-North-East*, 2018; 64 (3): 34–38. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.64.3.34-38 (in Russ.).

13. Demidenko G. A., Khizhnyak S. V., Muchkina E. Ya. Kachestvennaya otsenka klubnei kartofelya kak syr'ya dlya produktov pitaniya naseleniya [Assessment of potato tubers as a raw material for food products of the population]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2021; 12: 267–274. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-12-267-274 (in Russ.).

14. Amelyushkina T. A. Otsenka sortov kartofelya po kompleksu khozyaistvenno-tsennykh priznakov v pitomnike ekologicheskogo ispytaniya [Assessment of potato varieties by a range of economically valuable characters in an environmental testing nursery]. *Vladimirskii zemledelets. – Vladimir farmer*, 2019; 3 (89): 37–39. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10079 (in Russ.).

15. Korshunov A. V., Simakov E. A., Lysenko Yu. N., Anisimov B. V., Mityushkin A. V., Gaitov M. Yu. Aktual'nye problemy i prioritetye napravleniya razvitiya kartofelevodstva [Burning problems and priority areas of potato growing development]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex*, 2018; 32; 3: 20–23. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10303 (in Russ.).

16. Hosaka K., Sanetomo R. Broadening genetic diversity of the Japanese potato gene pool. *American Journal of Potato Research*, 2020; 97 (1): 127–142. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-020-09762-8>.

17. Sherstyukova T. P., Ivashchenko A. D. Rezul'taty kompleksnoi otsenki kollektzii sortov kartofelya v usloviyakh Kamchatskogo kraia [Results of a comprehensive assessment of a collection of potato varieties in the conditions of Kamchatka krai]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2019; 3 (51): 64–68. DOI: 10.24411/1999-6837-2019-13037 (in Russ.).

18. Gordienko V. V., Bondarchuk A. A., Furdyga N. N., Zakharchuk N. A. Vydelenie khozyaistvenno tsennykh priznakov dlya prakticheskoi selektsii sredi obraztsov, sostavlyayushchikh genofond kartofelya [Identification of economically valuable characters for practical selection among the samples that constitute a potato gene pool]. *Proceedings from Kartofelevodstvo – Potato Growing*. (PP. 96–100), Minsk, 2013; 26 (in Russ.).

19. Kozlova L. N., Nezakonova O. B., Ryadinskaya E. A. Potrebitel'skie kachestva novykh sortov kartofelya belorusskoi selektsii [Consumer qualities of new potato varieties selected in Belarus]. *Proceedings from Kartofelevodstvo – Potato Growing*. (PP. 24–29), Minsk, 2013; 29 DOI: <https://doi.org/10.47612/0134-9740-2021-29-24-29> (in Russ.).

20. Bidner U., Dobias K. The effect of variety, locality and year on table quality and test potatoes. *Rost. Vyr.*, 1986; 10: 59–70.

21. Zhevora S. V., Anisimov B. V., Simakov E. A., Oves E. V., Zebrin S. N. Kartofel': problemy i perspektivy [Potato: problems and prospects]. *Kartofel' i ovoshchi. – Potato and Vegetables*, 2019; 7: 2–6. DOI: 10.25630/PAV.2019.89.92.006 (in Russ.).

22. *Metodika issledovaniya po kul'ture kartofelya [Potato culture research methodology]*, Moskva, Kolos, 1967, 262 p. (in Russ.).

23. Simakov E. A., Sklyarova N. P., Yashina I. M. *Metodicheskie ukazaniya po tekhnologii selektsionnogo protsessa kartofelya [Potato selection process technology guidelines]*, Moskva, Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2006, 70 p. (in Russ.).

24. Dospikhov B. A. *Metodika polevogo opyta [Field experience methods]*, Moskva, Agropromizdat, 1985, 285 p. (in Russ.).

25. Tikhonchuk P. V. (Eds.). *Sistema zemledeliya Amurskoi oblasti [Agriculture system of the Amur region]*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2016, 570 p. DOI: 10.22450/9785964202769 (in Russ.).

26. Stashevski Z. A., Kuz'minova O. A., Vologin S. G., Gizatulina A. T., Gimaeva E. A., Safiullina G. F. [et al.]. Pervye rezul'taty ekologo-geograficheskogo ispytaniya novykh rossiiskikh sortov kartofelya [First results of an environmental and geographical test of new Russian potato varieties]. *Zemledelie. – Agriculture*, 2019; 6: 43–48. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10610 (in Russ.).

27. Sintsova N. F., Lyskova I. V. Izuchenie iskhodnogo materiala kartofelya v usloviyakh Kirovskoi oblasti [Study of a source material of potatoes in the conditions of Kirov region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – Agricultural Science Euro-North-East*, 2020; 21 (6): 697–705. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.697-705 (in Russ.).

28. Rafal'skiy S. V., Rafal'skaya O. M., Mel'nikova T. V. Rezul'taty sravnitel'noi otsenki sortov kartofelya po urozhainosti i parametram adaptivnosti v usloviyakh Priamur'ya [Results of a comparative assessment of potato varieties in terms of yield capacity and adaptability parameters in the conditions of the Amur River region]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya RAN. – Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2020; 4: 81–85. DOI: 10.37102/08697698.2020.212.4.013 (in Russ.).

29. Rafal'skiy S. V., Rafal'skaya O. M., Mel'nikova T. V. Istochniki osnovnykh khozyaistvenno tsennykh priznakov dlya selektsii kartofelya v Priamur'e [Sources of main economically valuable characters for potato selection in the Amur River region]. *Kartofel' i ovoshchi. – Potato and Vegetables*, 2019; 10: 35–37. DOI: 10.25630/PAV.2019.87.74.001 (in Russ.).

30. Rafal'skiy S. V., Rafal'skaya O. M., Mel'nikova T. V. Sravnitel'naya otsenka organolepticheskikh kachestv klubnei izuchaemogo sortimenta kartofelya v Srednem Priamur'e [Comparative assessment of the organoleptic qualities of the tubers of potato range under Study in the Middle Amur River region]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2020; 1 (53): 38–47. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-11006 (in Russ.).

© Рафальский С. В., Рафальская О. М., 2023

Статья поступила в редакцию 27.07.2023; одобрена после рецензирования 05.09.2023; принята к публикации 11.09.2023.

The article was submitted 27.07.2023; approved after reviewing 05.09.2023; accepted for publication 11.09.2023.

### **Информация об авторах**

**Рафальский Сергей Васильевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, [rsv@vniiso.ru](mailto:rsv@vniiso.ru);

**Рафальская Ольга Михайловна**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, [rom@vniiso.ru](mailto:rom@vniiso.ru)

### **Information about authors**

**Sergey V. Rafalskiy**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, [rsv@vniiso.ru](mailto:rsv@vniiso.ru);

**Olga M. Rafalskaya**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, [rom@vniiso.ru](mailto:rom@vniiso.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 639.125(470.342)

EDN ZCZBDU

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_57

**К вопросу об экономической оценке  
охоты на глухаря (на примере Кировской области)****Борис Евгеньевич Зарубин<sup>1</sup>, Александр Вячеславович Экономов<sup>2</sup>,  
Вячеслав Васильевич Колесников<sup>3</sup>, Анна Владимировна Козлова<sup>4</sup>,  
Юрий Алексеевич Козлов<sup>5</sup>**<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства  
и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, Кировская область, Киров, Россия  
<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> [iury.cozlov@yandex.ru](mailto:iury.cozlov@yandex.ru)

**Аннотация.** Мясо глухаря используется в большей степени для личного потребления, что, по нашему мнению, связано с прекращением централизованной заготовки мясной продукции охотничьего хозяйства после распада СССР. В последние же годы начинает возрождаться рынок дикого мяса и появляется возможность для более детальной экономической оценки продукции охотничьего хозяйства. В работе представлены собственные оригинальные материалы по оценке численности и объему добычи обыкновенного глухаря в Кировской области, а также произведено сравнение с официальными данными государственного мониторинга. Представлены результаты исследования весовых характеристик обыкновенного глухаря в регионе, на основе которых рассчитана продукция охоты на него в натуральном и денежном выражении. На основе анализа литературных данных рассмотрены безопасность пищевой продукции охоты на глухаря и вопрос возможности оценки дополнительной продукции.

**Ключевые слова:** глухарь, численность, добыча, продукция, пищевая ценность, охота как товар, трофейные качества

**Для цитирования:** Зарубин Б. Е., Экономов А. В., Колесников В. В., Козлова А. В., Козлов Ю. А. К вопросу об экономической оценке охоты на глухаря (на примере Кировской области) // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 57–68. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_57.

Original article

**On the issue of economic evaluation  
of capercaillie hunting (in the case of the Kirov region)****Boris E. Zarubin<sup>1</sup>, Alexander V. Ekonomov<sup>2</sup>,  
Vyacheslav V. Kolesnikov<sup>3</sup>, Anna V. Kozlova<sup>4</sup>, Yury A. Kozlov<sup>5</sup>**<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Game Management and Fur Farming  
named after Professor B. M. Zhitkov, Kirov Region, Kirov, Russia  
<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> [iury.cozlov@yandex.ru](mailto:iury.cozlov@yandex.ru)

**Abstract.** Capercaillie meat is mostly used for personal consumption, which, in our opinion, is explained by the termination of centralized procurement of meat products of game industry after the break up of the USSR. But over the last years the wild meat market is beginning to restore and

the opportunities for more detailed economic evaluation of game industry arise. The study presents original data on estimation of abundance and game bag for capercaillie in Kirov region, as well as the comparison with official data of the State Monitoring. It also contains the results of investigation of weight characteristics of capercaillie in the area, upon which the production of capercaillie hunting is estimated and expressed in monetary and physical terms. Safety of capercaillie hunt food products is analysed according to literature data, and the possibility of obtaining additional products is estimated.

**Keywords:** capercaillie, quantity, game bag, products, nutritional value, hunting as merchandise, trophy qualities

**For citation:** Zarubin B. E., Ekonomov A. V., Kolesnikov V. V., Kozlova A. V., Kozlov Yu. A. K vo-prosu ob ekonomicheskoi otsenke okhoty na glukharya (na primere Kirovskoi oblasti) [On the issue of economic evaluation of capercaillie hunting (in the case of the Kirov region)]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. – *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2023; 17; 3: 57–68. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_57.

**Введение.** В историческом аспекте боровая дичь на территории России всегда играла важную роль в заготовках дикого мяса. Доля глухарей в объеме мясной продукции охоты в большинстве случаев была и остается минимальной. Тем не менее, обыкновенный глухарь (*Tetrao urogallus*) является одним из ключевых объектов охоты в Кировской области. Социологический опрос показал, что среди излюбленных объектов охоты в России глухарь занимает лишь 6 место, а в нашем регионе и вовсе 7 место, и даже среди пернатой дичи уступает тетереву (*Lyrurus tetrix*) и уткам [1].

Помимо прямой продукции охоты на глухаря (мясная и поделочная) имеет место оказание долгосрочными охотпользователями услуг по проведению охоты на глухаря «на току», доход от которой в финансовом плане можеткратно превосходить остальную продукцию охоты на глухаря.

Малоизученным остается вопрос о мясной продуктивности глухаря и безопасности пищевой продукции от охоты на него. Кроме того, важным, по нашему мнению, являются методические подходы к оценке как численности, так и объемов добычи глухаря в Кировской области и Российской Федерации.

**Материалы и методы исследования.** Оценка численности глухаря основывается на результатах анкетных опросов Службы «урожая» Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова (ВНИИОЗ); сведениях о численности видов из сводок Федерального научно-исследовательского центра развития охотничьего хозяйства и

официальных данных государственного мониторинга (госохотреестр) [2].

Оценка объемов добычи глухарей производилась по результатам анонимного анкетного опроса (506 охотников Кировской области из 25 районов в охотничьи сезоны 2016–2017 гг. (осенне-зимний) и 2017 г. (весенний сезон)) и сравнении их с данными госохотреестра.

При расчете средних весовых показателей и оценке мясной продуктивности предварительно был проведен расчет минимальной достоверной выборки [3].

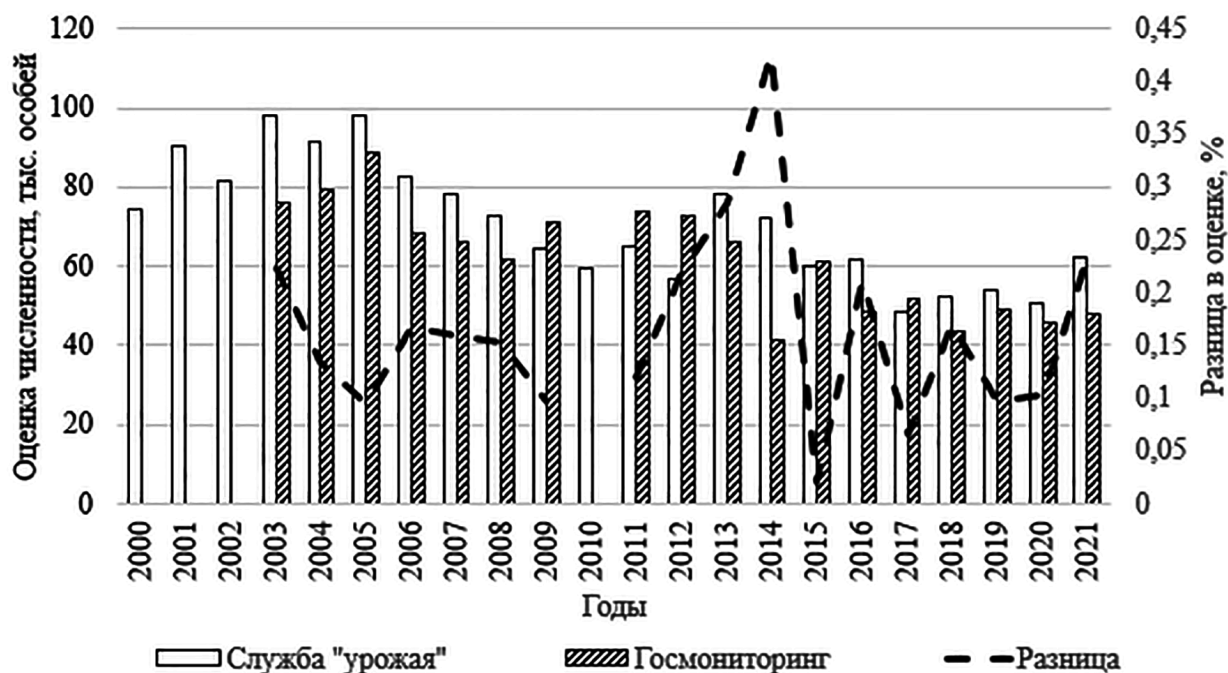
Цены на продукцию использованы из прейскурантов действующих закупочных организаций, производителей продукции и торговых организаций. Также использованы литературные источники, опубликованная и устная информация специалистов ВНИИОЗ.

### Результаты исследований.

**Численность глухаря в регионе.** В нашем распоряжении имеются сведения по оценке численности глухаря в Кировской области из двух источников (рис. 1).

Расхождения в оценке численности в среднем по годам достигают около 17 % (16,6 %), но в отдельные годы превышают 20 % и даже 40 %. Общий тренд численности имеет тенденцию к снижению, но на отдельных коротких временных участках оценки диаметрально противоположны.

**Оценка размеров добычи.** Роль глухаря в заготовках мяса боровой дичи в России всегда была минимальной и с течением времени неуклонно снижалась. Так, по данным А. М. Колосова, С. В. Шибанова [4] в середине 1950-х годов (сезон 1954–1955 гг.) доля глухарей в заготовках по сравнению с дореволюционным перио-



**Рисунок 1 – Сравнительные данные по оценке численности глухаря в Кировской области**  
**Figure 1 – Comparative data on capercaillie quantity estimation in Kirov region**

дом снизилась более чем в 5 раз, несмотря на высокую, по тем временам, среднюю закупочную цену за тушку (10 рублей). В это же время для личного потребления добывалось 10–12 млн. голов боровой дичи [5].

В тот период «безусловными лидерами» в заготовках были Архангельская область и Республика Коми. В Кировской области объемы добычи боровой дичи преобладали над водоплавающей дичью. Глухарь добывается в основном с помощью ружья, что объясняет относительно невысокую оценку тушек при закупке. Основными дефектами этой продукции являются: «разбитость», «окровавленность тушек», плохая «оправка», «упаковка»; пороки хранения – «мышьеядина» [4].

Информация о размерах добычи глухарей, как в масштабах страны, так и в отдельных субъектах скудна, так как, по нашему мнению, имеет место сложность учета птиц, добываемых для личного потребления. Наиболее достоверно учитывалась доля добычи, которая поступала в заготовки, но и эти данные фрагментарны. При этом общий объем добычи оценивался, как правило, экспертно, а экспертные

оценки базировались, преимущественно, на информации о заготовках с поправками различной степени на долю птиц, не поступавших в заготовки (использованных для личного потребления). Поэтому считаем, что все данные о размерах фактической добычи глухарей весьма приблизительны и не отражают фактического объема добычи.

В целях получения достоверной (объективной) информации по этому вопросу нами проведен анонимный анкетный опрос охотников Кировской области в осенне-зимний сезон 2016–2017 гг. и весенний сезон 2017 г. Сравнение полученных нами результатов с данными госохотреестра за этот же период выявили разницу по сезонам от 10 до 14,5 раз, а в годовой добыче в 13,5 раз (табл. 1).

В историческом аспекте тенденцию изменения размеров добычи глухарей можно оценить по косвенным показателям, таким как добычивость из расчета на одного охотника из числа добывавших или одного охотника из всех охотившихся на этих птиц.

Имеющиеся в нашем распоряжении данные (табл. 2) позволяют говорить о пя-

**Таблица 1 – Показатели размеров добычи глухарей в Кировской области по данным госохотреестра и «Службы «урожая» ВНИИОЗ в 2017 г.****Table 1 – Capercaillie game bag in Kirov region according to the data of State Hunting Registry (Gosokhotreestr) and «Yield Survey» of Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming (VNIIOZ) in 2017**

Количество особей

Источник данных	Весенний сезон	Осенне-зимний сезон	Добыто за год
Госохотреестр	362	1 234	1 596
Служба «урожая»	3 650	17 846	21 496
Соотношение данных Службы «урожая» к данным Госохотреестра, раз	10,1	14,5	13,5

**Таблица 2 – Среднее количество добытых глухарей на одного охотника из числа добывавших за один год****Table 2 – Average number of taken capercaillies per one hunter bagging during one year**

1956–1957 и 1965–1966 гг.	1966–1967 и 1974–1975 гг.	1994–1995 и 2003–2004 гг.	2004–2005 и 2013–2014 гг.	2014–2015 и 2020–2021 гг.
6,8	4,9	2,3	1,8	1,4

тикратном снижении этих показателей за 65 лет и шестикратном снижении за 35 лет (с 1981 по 2017 гг.) – с 1,19 до 0,2 особи на одного охотника (данные Службы «урожая» ВНИИОЗ).

**Продукция охоты на глухаря.** В настоящее время можно выделить следующие виды продукции: пищевая, подолочная (таксидермическая), трофейная, услуги охоты как товар. Значение этих видов продукции как в натуральном, так и в финансовом выражении различно и меняется с течением времени. Рассмотрим эти позиции в современных условиях.

**Пищевая продукция.** Изначальное и до сих пор самое популярное использование добытых глухарей состоит в получении животного белка для питания человека.

На протяжении длительного времени разные авторы довольно сходно оценивают показатели массы тела глухаря (от 2,7 до 6,5 кг). А. Н. Романов [6] отмечает, что в пределах европейской части ареала этого вида при движении с севера на юг убойная масса тушек глухарей снижается: «в северных районах республики Коми максимальный вес самцов может

достигать 5 100 г, а в Кировской области он составляет 4 600 г». При этом автор утверждает, что наивысшая упитанность птиц наблюдается перед наступлением зимы (начало – середина октября).

Мясная продуктивность по сезонам различается чуть более чем на 2 %, а вот абсолютные показатели мясных тушек весьма значительны. Средний вес мясной тушки весной на 835 г выше, чем осенью (табл. 3).

Средние показатели глухарей осенней добычи ниже практически на 30 % за счет присутствия в добыче значительного количества сеголетков и отчасти самок.

Исходя из объемов добычи и массы мясной туши глухарей в Кировской области, пищевая продукция охоты на глухаря составляет около 45 тонн. По информации о закупочной цене с интернет-портала «Дикоед» [7] стоимость мясной туши глухаря оценивается от 1 500 до 2 500 рублей, а птица «в пере» закупается на 400 рублей дешевле.

С учетом вышеизложенной информации, закупочная цена 1 кг мяса глухаря составляет от 823 до 941 рублей. В масштабах Кировской области пищевая про-

**Таблица 3 – Разница средних показателей массы глухарей**  
**Table 3 – Average carcass weight odds**

Показатель	n	M±m	Lim	δ
<b>Весенние показатели</b>				
Масса тела, г	29	4 158,31±57,27	3 360,00–5 000,00	308,40
Масса мясной туши, г	25	2 656,80±112,81	2 050,00–4 020,00	564,05
Мясная продуктивность, %	25	64,60±2,56	49,10–89,70	12,78
<b>Осенние показатели</b>				
Масса тела, г	22	2 915,18±229,43	1 680,00–4 490,00	1076,14
Масса мясной туши, г	22	1 821,82±148,64	1 000,00–2 900,00	697,16
Мясная продуктивность, %	22	62,40±1,32	50,50–70,00	6,20

дукция охоты на глухаря составляет от 37 до 42 млн. рублей.

**Питательная ценность (химический состав).** В настоящее время у нас есть данные, позволяющие провести сравнение обыкновенного глухаря с каменным глухарем (*Tetrao urogalloides*) и домашней курицей по общему составу мяса.

Так, в сравнительном аспекте питательная ценность глухариного мяса может быть выше, чем у курицы. Данные Н. И. Брауда [8] по общему анализу мяса глухаря в сравнении с аналогичным у домашней курицы свидетельствуют, что по содержанию воды, золы и белков эти продукты имеют близкие показатели, но мясо глухаря кратно уступает по содержанию жиров и более чем вдвое по калорийности.

Мясо каменного глухаря осенней добычи незначительно уступает весеннему лишь в содержании белков, а по всем остальным исследованным параметрам (n=15) значительно его превосходит (по содержанию меди, кобальта и цинка в 6, 8 и почти в 13 раз соответственно) [9, 10].

Данная информация позволяет говорить о том, что в весенней охоте на глухаря приоритет отдается ее эстетической стороне, а не пищевой. В таблице 4 представлено сравнение химического состава мяса по литературным данным.

**Безопасность продукции.** Согласно Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации (утверждена указом Президента РФ от 21.01.2020 № 20), одним из видов продукции охотничьего хозяйства является пищевое сырье. Мясо диких животных, помимо сво-

их уникальных свойств, может содержать агенты, которые при употреблении в пищу способны негативно отразиться на здоровье человека. Под ними, в первую очередь, мы понимаем организмы, ведущие паразитический образ жизни и химические загрязнители (тяжелые металлы и их соединения).

По литературным данным [14, 15] гельминты глухарей в большей степени поражают кишечник животных. Отмечены два вида *Trematoda* (семейства *Dicrocoeliidae* и *Brachylaimidae*), 8–11 видов *Cestoda* (семейства *Hymenolepididae*, *Davaineidae*, *Paruterinidae*), 12–14 видов нематод *Nematoda* (семейства *Heterakidae*, *Ascaridiidae*, *Onchocercidae*, *Habronematidae*, *Thelaziidae*, *Capillariidae*).

Отмечены простейшие *Protozoa* (семейства *Monocercomonadidae* и *Trypanosomatidae*) и хромисты *Chromista* (семейства *Eimeriidae*, *Sarcocystidae*, *Plasmodiidae*), локализованные в крови и мышцах птиц (Index-Catalogue of Medical and Veterinary Zoology). Кроме этого, практически все глухари поражены эктопаразитами, представителями членистоногих (*Arthropoda*), которых насчитывается 14 видов (семейства *Phloptoridae*, *Phthiraptera*, *Ceratophyllidae*, *Menoponidae*, *Hippoboscidae*, *Ixodidae*, *Analgidae*) [15].

В Кировской области специальные исследования по определению паразитофауны глухаря практически не проводились. Единственная известная нам работа выполнена А. В. Хохловым и Ф. С. Столбовой [16], где авторами обнаружен один вид аскарид *Ascaridia galli* (Schrank, 1788) у трех исследованных особей.

**Таблица 4 – Сравнение химического состава мяса [8-13]**  
**Table 4 – Comparison of chemical composition of meat [8-13]**

Показатель	Обыкновенный глухарь (Кировская область)	Каменный глухарь (Якутия)		Курица домашняя
	весна	весна	осень	Lim
<b>Общий</b>				
Вода, %	74,65	69,75	70,53	61,90–75,46
Зола, %	1,21	1,05	1,34	0,80–1,17
Белки, %	22,47	26,80	24,79	17,91–22,63
Жиры, %	1,39	2,40	3,34	2,30–18,40
Калорийность, ккал/100 г	103,00	129,7	134,50	127,00–238,00
<b>Макроэлементы</b>				
Кальций, мг%	–	14,98	15,90	9,00–18,00
Магний, мг%	–	17,97	21,56	18,00–28,00
Фосфор, мг%	–	123,12	188,45	160,00–200,00
<b>Микроэлементы</b>				
Железо, мг%	–	1,23	3,92	0,90–1,70
Медь, мг%	–	0,29	1,78	0,07–80,00
Марганец, мг%	–	16,23	19,45	0,00–0,02
Кобальт, мг%	–	0,22	1,77	12,00
Цинк, мг%	–	0,23	2,90	1,50–2,13
<b>Витамины</b>				
А, мг/кг	–	2,54	4,54	0,30–16,00
В <sub>1</sub> , мг/кг	–	0,12	0,36	0,07–0,11
В <sub>2</sub> , мг/кг	–	0,22	0,41	0,14–0,16
С, мг/кг	–	4,05	6,05	0,00–2,30

Тяжелые металлы – еще один из видов загрязнения, представляющий угрозу здоровью человека. Содержание свинца в печени глухарей из Молчановского района Томской области составляет 0,56 мг/кг, а в мышцах 0,29 мг/кг [17]. Аналогичные показатели содержания свинца выявлены в Якутии – от 0,39 до 0,59 мг/кг [18]. В таблице 5 представлено содержание тяжелых металлов в тканях глухарей в Кировской области.

**Охотничий туризм.** По нашим данным и информации специалистов по охотничьему туризму, в рейтинге спроса на услуги по организации и проведению охот, охота на глухаря на току занимала (до 2020 г.) первое место, как среди иностранных, так и среди отечественных охотников. По рейтингу доходности оказание услуг проведения охоты на глухаря,

среди отечественных охотников занимает вторую позицию, а иностранных – делит третье место с охотой на тетеревов [20].

Общий годовой доход от услуг охоты колебался от 16,90 млн. рублей до 52,46 млн. рублей; доля охот на глухаря составляла от 13,9 % (2,24 млн. рублей) до 18,2 % (9,57 млн. рублей).

При этом от 70 до 77 % приходилось на иностранный туризм (табл. 6), а доля внутреннего туризма (табл. 7) не превышала 30 % (22,4–29,3 %). С наступлением пандемии коронавируса (2020 г.) доходы от этих охот резко сократились из-за полного отсутствия иностранных охотников.

Внутренний охотничий туризм при двукратном численном превосходстве охотников практически вдвое менее доходный по сравнению с иностранным.

**Таблица 5 – Концентрации тяжелых металлов в мясе и внутренних органах глухаря в Кировской области [19]**

**Table 5 – Concentrations of heavy metals in meat and visceral organs of capercaillie in Kirov region [19]**

В миллиграммах на килограмм сухого вещества

Вид ткани	n	Медь				Свинец				Кадмий			
		M	m	min	max	M	m	min	max	M	m	min	max
Мышцы	21	4,57	0,58	2,04	12,10	0,94	0,06	0,50	1,80	0,34	0,09	0,04	1,16
Печень	23	9,75	1,59	1,67	39,79	1,71	0,30	0,20	6,00	0,56	0,07	0,08	1,25
Почки	13	8,53	1,13	4,00	17,62	1,28	0,19	0,32	2,48	0,61	0,14	0,10	1,80

**Таблица 6 – Спрос и доходы от иностранного охотничьего туризма в Кировской области (в среднем за 2010–2020 гг.)**

**Table 6 – Demand and revenue from foreign hunting tourism in Kirov region (2010–2020 average)**

Вид	Рейтинг по спросу (мясо)	Цена		Посещаемость, чел/год	Стоимость, млн. руб.	Рейтинг по доходности (место)
		тыс. евро	тыс. руб.			
Глухарь	1	1,0–1,3	69,40–90,22	15–150	3,470–13,533	3
Тетерев	1					3
Медведь	2	3,0–4,0	208,32–277,60	10–30	2,083–8,328	1
Лось	3	2,5–3,5	175,50–242,90	10–30	1,755–7,287	2
Волк	4	3,0–3,5	208,32–242,90	10	2,083–2,429	4
Рысь	4	3,0–3,5	208,32–242,90	10	2,083–2,429	4
<b>Итого</b>				90–230	11,474–34,006	

Примечания: 1. Услуги по организации и проведению охот на глухаря и тетерева предоставлялись в комплексе.  
2. Курс евро на 31.01.2020 г. составил 69,4 рубля.

**Таксидермическая (трофейная и сувенирная) продукция.** Эти категории продукции объединены нами в один раздел в силу того, что в их основе лежит обработка дериватов добытых животных с целью их длительного хранения и оформления в соответствии с желанием заказчика или фантазией изготовителя.

В клуб трофейных видов глухарь вошел лишь в 2017 году. Оценке подвергаются черепа птиц. Если судить по представительству этих трофеев на выставках, данный объект пришелся по душе любителям трофеев. За 6 лет на четырех выставках охотничьих трофеев в Кировской области было представлено 77 объектов, из которых почти 73 % попали в медаль-

ный зачет, а более трети (33,8 %) получили высшие оценки – «Гран-при» и «золотые медали». При этом черепа глухаря не имеют товарного обращения.

Таксидермические изделия из дериватов глухарей, преимущественно, представляют чучела птиц. Но большинство таких изделий выполняются под заказ из материала заказчика; в свободную продажу попадают невыкупленные экземпляры и, значительно реже, изготовленные на продажу, но их доля на рынке таксидермических изделий невелика. Медальоны, оформленные перьями из хвостов глухарей или крыльев, зарегистрированы в продаже еще реже, чем чучела.

**Таблица 7 – Спрос и доходы от внутреннего охотничьего туризма в Кировской области (в среднем за 2010–2020 гг.)****Table 7 – Demand and revenue from domestic hunting tourism in Kirov region (2010–2020 average)**

Вид	Рейтинг по спросу (мясо)	Цена, тыс. руб.	Посещаемость, чел/год	Стоимость, млн. руб	Рейтинг по доходности (место)
Глухарь	1	5,0–8,0	100–350	0,50–2,80	2
Тетерев	2	2,0–5,0		0,20–1,75	4
Медведь	4	50,0–100,0	до 45	2,25–4,50	1
Лось	3	50,0–70,0	30–50	1,50–4,90	1
Волк	5	10,0–50,0	до 20	0,20–2,50	3
Рысь	6	50,0–100,0	10–15	0,50–1,50	5
Кабан	5	15,0–25,0	до 20	0,30–0,50	6
<b>Итого</b>			200–500	5,45–18,45	–

Сувенирная продукция из дериватов охотничьих зверей и птиц представлена в виде сувениров, игрушек и картин. Для их изготовления обычно используются отходы мехового и таксидермического производства. В силу малочисленности и разнородности эта категория продукции не поддается учету и оценке. В связи с вышеизложенным, общее количество и стоимость таксидермических изделий из дериватов глухаря на сегодняшний день оценить крайне сложно.

**Заключение.** Современная численность глухарей в регионе стабильна, и в течение последних 7 лет находится на уровне 50–60 тыс. особей. Годовой размер добычи вида можно оценить, приблизительно, в размере 21,5 тыс. особей, то есть около 35 % от численности.

Из всех видов продукции, получаемой при добыче глухарей в товарном обороте, может быть оценена мясная продукция и услуги охоты на глухаря. При этом

стоимость мясной продукции в разные годы неодинакова и может колебаться от 32,2 млн. рублей до 53,7 млн. рублей.

Товарные показатели этой продукции весьма различны по сезонам охоты. Средний вес мясной тушки глухаря весной на 31,4 % (835 г) выше, чем в осенне-зимний сезон (2 657 г против 1 822 г).

Химический состав мяса глухаря изучен слабо, но по аналогии с каменным глухарем можно предположить, что мясо осеннего глухаря гораздо богаче микро- и макроэлементами, а также витаминами, чем мясо весенних птиц.

Доля доходов от услуг охоты на глухарей до 2020 года оценивалась в регионе от 2,2 млн. рублей до 9,5 млн. рублей; при этом на иностранный охотничий туризм приходилось примерно 65–68 %.

Таким образом, общая стоимость продукции на глухарей в Кировской области в годовом выражении может быть оценена в пределах 34,5–63,3 млн. рублей.

#### Список источников

1. Зарубин Б. Е., Колесников В. В., Макаров В. А., Сафонов В. Г., Шевнина М. С., Утробина В. В. Значение охоты и ее продукции глазами охотников России. Киров : Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, 2012. 76 с.

2. Охота и охотничьи ресурсы Российской Федерации: государственное управление ресурсами. Москва : Центральное бюро информации Минприроды России, 2011. 663 с.



3. Ивантер Э. В., Коросов А. В. Элементарная биометрия. Петрозаводск : Петрозаводский государственный университет, 2005. 104 с.
4. Колосов А. М., Шибанов С. В. Боровая дичь, ее промысел и заготовка. Москва : Издательство Центросоюза, 1957. 116 с.
5. Шубникова О. Н. Заготовки боровой дичи на территории РСФСР // Ресурсы тетеревиных птиц в СССР : материалы совещания (Москва, 2–4 апреля 1968 г.). Москва : Наука, 1968. С. 85–86.
6. Романов А. М. Обыкновенный глухарь. Москва : Наука, 1979. 144 с.
7. Интернет-портал «Дикоед»: интернет-магазин / ООО «Любо». URL: <https://dikoed.ru/postavshchikam> (дата обращения: 30.05.2023).
8. Брауде Н. Н. Химический состав и питательная ценность мяса некоторых видов боровой и водоплавающей дичи // Охота – пушнина – дичь. 1972. Вып. 35. С. 81–86.
9. Петрова Е. М., Алексеева Н. И. Витаминный состав мяса боровой дичи Якутского ареала обитания // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 94. С. 140–146.
10. Петрова Е. М. Количественный состав микро- и макроэлементов в мышечной ткани боровой дичи Якутии // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (166). С. 106–112. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-1-106-112.
11. Баранова В. Р., Зуева Г. В. Характеристика разных видов мяса птицы // Молодежь и наука. 2016. № 12. С. 2.
12. Саттарова Б. Н., Ибрагимов Л. А. Химический состав и свойства куриного мяса // Universum: технические науки. 2021. № 4–4. С. 36–37. DOI: 10.32743/UniTech.2021.85.4-4.36-37.
13. Петрова Е. М. Химический состав и калорийность мышечной ткани боровой дичи в условиях республики Саха (Якутия) // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 89. С. 121–126.
14. Юшков В. Ф., Ивашевский Г. А. Паразиты позвоночных животных Европейского Северо-Востока России. Сыктывкар : Коми научный центр Уральского отделения РАН, 1999. 230 с.
15. Index-Catalogue of Medical and Veterinary Zoology // Digital Collections: Edmon Low Library & Branch Libraries. URL: <https://dc.library.okstate.edu/digital/collection/Index/search> (дата обращения: 02.03.2023).
16. Хохлов А. В., Столбова Ф. С. Особенности гельминтофауны охотничье-промысловых птиц различных местообитаний Кировской области // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: научный и образовательный аспекты : материалы всерос. научной школы. Киров : Вятский государственный гуманитарный университет, 2006. С. 86–88.
17. Кропачев Д. В., Коваль Ю. И. Содержание свинца в организме глухаря (*Tetrao urogallus*) Томской области // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 67–71.
18. Петрова Е. М. Исследование содержания тяжелых металлов в мышечной ткани тетеревиных (*Tetraoninae Vigors, 1825*) птиц в разных экологических зонах Республики Саха (Якутия) // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 101. С. 82–87. DOI: 10.51215/1999-3765-2020-101-82-87.
19. Сергеев А. А., Ширяев В. В., Дворников М. Г. Свинцовое отравление диких животных и перспективы применения нетоксичных охотничьих боеприпасов в России // Даль-

невосточный аграрный вестник. 2020. № 1 (53). С. 71–83. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-11010.

20. Андреев М. Н., Макарющенко В. В. Современное состояние и проблемы охотничьего туризма в Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2008. № 11. С. 187–190.

### References

1. Zarubin B. E., Kolesnikov V. V., Makarov V. A., Safonov V. G., Shevnina M. S., Utrobina V. V. *Znachenie okhoty i ee produktsii glazami okhotnikov Rossii [Importance of hunting and its products through the eyes of Russian hunters]*, Kirov, Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut ohotnich'ego hozyajstva i zverovodstva imeni professora B. M. Zhitkova, 2012, 76 p. (in Russ.).

2. *Okhota i okhotnich'i resursy Rossiiskoi Federatsii: gosudarstvennoe upravlenie resursami [Hunting and hunting resources of the Russian Federation: State management of resources]*, Moskva, Tsentral'noe byuro informatsii Minprirody Rossii, 2011, 663 p. (in Russ.).

3. Ivanter E. V., Korosov A. V. *Elementarnaya biometriya [Elementary Biometrics]*, Petrozavodsk, Petrozavodskij gosudarstvennyj universitet, 2005, 104 p. (in Russ.).

4. Kolosov A. M., Shibanov S. V. *Borovaya dich', ee promysel i zagotovka [Upland game, its fishing and harvesting]*, Moskva, Izdatel'stvo Centrosoyuza, 1957, 116 p. (in Russ.).

5. Shubnikova O. N. Zagotovki borovoi dichi na territorii RSFSR [Harvesting upland game on the territory of the RSFSR]. Proceedings from Resources of grouse birds in the USSR: *Soveshchanie. – Meeting.* (PP. 85–86), Moskva, Nauka, 1968 (in Russ.).

6. Romanov A. M. *Obyknovennyi glukhar' [Ordinary capercaillie]*, Moskva, Nauka, 1979, 144 p. (in Russ.).

7. Internet-portal «Dikoed»: internet-magazin [Internet portal «Dikoed»: online store]. *Dikoed.ru* Retrieved from <https://dikoed.ru/postavshchikam> (Accessed 30 May 2023) (in Russ.).

8. Braude N. N. Khimicheskii sostav i pitatel'naya tsennost' myasa nekotorykh vidov borovoi i vodoplavayushchei dichi [Chemical composition and nutritional value of meat of some species of upland and waterfowl]. *Okhota – pushnina – dich'. – Hunting – Fur – Game*, 1972; 35: 81–86 (in Russ.).

9. Petrova E. M., Alekseeva N. I. Vitaminyi sostav myasa borovoi dichi Yakutskogo areala obitaniya [Vitamin composition of upland game meat in the Yakut habitat]. *Vestnik Irkutskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – Bulletin of the Irkutsk State Agricultural Academy*, 2019; 94: 140–146 (in Russ.).

10. Petrova E. M. Kolichestvennyi sostav mikro- i makroelementov v myshechnoi tkani borovoi dichi Yakutii [Quantitative composition of micro- and macroelements in muscle tissue of hog game of Yakutia]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2021; 1 (166): 106–112. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-1-106-112 (in Russ.).

11. Baranova V. R., Zueva G. V. Kharakteristika raznykh vidov myasa ptitsy [Characteristics of different types of poultry meat]. *Molodezh' i nauka. – Youth and Science*, 2016; 12: 2 (in Russ.).

12. Sattarova B. N., Ibragimov L. A. Khimicheskii sostav i svoistva kurinogo myasa [Chemical composition and properties of chicken meat]. *Universum: tekhnicheskie nauki. – Universum: Technical Sciences*, 2021; 4–4: 36–37. DOI: 10.32743/UniTech.2021.85.4-4.36-37 (in Russ.).

13. Petrova E. M. Khimicheskii sostav i kaloriinost' myshechnoi tkani borovoi dichi v usloviyakh respubliky Sakha (Yakutiya) [The chemical composition and calorie content of the muscle tissue of upland game in the conditions of the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Vestnik Irkutskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – Bulletin of the Irkutsk State Agricultural Academy*, 2018; 89: 121–126 (in Russ.).

14. Yushkov V. F., Ivashevskii G. A. *Parazity pozvonochnykh zhyvotnykh Evropeiskogo Severo-Vostoka Rossii [Vertebrate parasites of the European North-East of Russia]*, Syktyvkar, Komi nauchnyj centr Ural'skogo otdeleniya RAN, 1999, 231 p. (in Russ.).

15. Index-Catalogue of Medical and Veterinary Zoology. *Dc.library.okstate.edu*. Retrieved from <https://dc.library.okstate.edu/digital/collection/Index/search> (Accessed 02 March 2023).

16. Khokhlov A. V., Stolbova F. S. Osobennosti gel'mintofauny okhotnich'e-promyslovnykh ptits razlichnykh mestoobitaniy Kirovskoi oblasti [Features of the helminth fauna of game birds in various habitats of the Kirov region]. Proceedings from Actual problems of regional environmental monitoring: scientific and educational aspects: *Vserossijskaya nauchnaya shkola. – All-Russian Scientific School*. (PP. 86–88), Kirov, Vyatskij gosudarstvennyj gumanitarnyj universitet, 2006 (in Russ.).

17. Kropachev D. V., Koval' Yu. I. Soderzhanie svintsa v organizme glukharya (*Tetrao urogallus*) Tomskoi oblasti [The content of lead in the body of capercaillie (*Tetrao urogallus*) of the Tomsk region]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University*, 2016; 3: 67–71 (in Russ.).

18. Petrova E. M. Issledovanie soderzhaniya tyazhelykh metallov v myshechnoi tkani teterevinykh (*Tetraoninae Vigors, 1825*) ptits v raznykh ekologicheskikh zonakh Respubliki Sakha (Yakutiya) [Study of the content of heavy metals in the muscle tissue of black grouse (*Tetraoninae Vigors, 1825*) birds in different ecological zones of the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Vestnik Irkutskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – Bulletin of the Irkutsk State Agricultural Academy*, 2020; 101: 82-87. DOI: 10.51215/1999-3765-2020-101-82-87 (in Russ.).

19. Sergeev A. A., Shiryayev V. V., Dvornikov M. G. Svintsovoe otravlenie dikikh zhyvotnykh i perspektivy primeneniya netoksichnykh okhotnich'ikh boepripasov v Rossii [Lead poisoning of wild animals and prospects for the use of non-toxic hunting ammunition in Russia]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2020; 1 (53): 71-83. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-11010 (in Russ.).

20. Andreev M. N., Makaryushchenko V. V. Sovremennoe sostoyanie i problemy okhotnich'ego turizma v Kirovskoi oblasti [Current state and problems of hunting tourism in the Kirov region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – Agrarian science of the Euro-North-East*, 2008; 11: 187–190 (in Russ.).

© Зарубин Б. Е., Экономов А. В., Колесников В. В., Козлова А. В., Козлов Ю. А., 2023

Статья поступила в редакцию 26.06.2023; одобрена после рецензирования 20.07.2023; принята к публикации 17.08.2023.

The article was submitted 26.06.2023; approved after reviewing 20.07.2023; accepted for publication 17.08.2023.

**Информация об авторах**

**Зарубин Борис Евгеньевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2721-0409>, [iury.cozlov@yandex.ru](mailto:iury.cozlov@yandex.ru);

**Экономов Александр Вячеславович**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0242-8954>, [iury.cozlov@yandex.ru](mailto:iury.cozlov@yandex.ru);

**Колесников Вячеслав Васильевич**, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6367-3323>, [iury.cozlov@yandex.ru](mailto:iury.cozlov@yandex.ru);

**Козлова Анна Владимировна**, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6665-2755>, [iury.cozlov@yandex.ru](mailto:iury.cozlov@yandex.ru);

**Козлов Юрий Алексеевич**, кандидат биологических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, [iury.cozlov@yandex.ru](mailto:iury.cozlov@yandex.ru)

**Information about authors**

**Boris E. Zarubin**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming named after Professor B. M. Zhitkov, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2721-0409>, [iury.cozlov@yandex.ru](mailto:iury.cozlov@yandex.ru);

**Alexander V. Ekonomov**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming named after Professor B. M. Zhitkov, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0242-8954>, [iury.cozlov@yandex.ru](mailto:iury.cozlov@yandex.ru);

**Vyacheslav V. Kolesnikov**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming named after Professor B. M. Zhitkov, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6367-3323>, [iury.cozlov@yandex.ru](mailto:iury.cozlov@yandex.ru);

**Anna V. Kozlova**, Junior Researcher, Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming named after Professor B. M. Zhitkov, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6665-2755>, [iury.cozlov@yandex.ru](mailto:iury.cozlov@yandex.ru);

**Yury A. Kozlov**, Candidate of Biological Sciences, Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming named after Professor B. M. Zhitkov, [iury.cozlov@yandex.ru](mailto:iury.cozlov@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 616-092.9:59

EDN CAZQEB

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_69

### Преимущества моделирования оксидативного стресса воздействием переменного магнитного поля низкой частоты

Степан Владимирович Панфилов<sup>1</sup>, Татьяна Викторовна Миллер<sup>2</sup>,  
Наталья Владимировна Симонова<sup>3</sup>, Ирина Юрьевна Саяпина<sup>4</sup>,  
Антон Павлович Лашин<sup>5</sup>

<sup>1,3,4</sup> Амурская государственная медицинская академия

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>2</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>5</sup> Российский государственный аграрный университет – Московская  
сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева (Калужский филиал)

Калужская область, Калуга, Россия

<sup>1</sup> [panfilstep59@gmail.com](mailto:panfilstep59@gmail.com), <sup>2</sup> [tmiller2004@mail.ru](mailto:tmiller2004@mail.ru),

<sup>3</sup> [simonova.agma@yandex.ru](mailto:simonova.agma@yandex.ru), <sup>5</sup> [ant.lashin@yandex.ru](mailto:ant.lashin@yandex.ru)

**Аннотация.** Окислительный стресс – это процесс, происходящий в организме из-за избытка свободных радикалов и недостатка противодействующих им антиоксидантов. Увеличение этих свободных радикалов и кислорода в организме заставляет клетки окисляться, влияя на их функции и повреждая их. Моделирование оксидативного стресса в эксперименте представляет важную составляющую фармакологических исследований на доклиническом этапе. В статье проведен анализ апробации модели воздействия переменного магнитного поля низкой частоты в сравнении с доказавшей свою состоятельность ранее моделью влияния высоких температур на теплокровный организм. Для проведения эксперимента было сформировано четыре группы лабораторных животных по 30–36 крыс в каждой. Преимущества модели формирования оксидативного стресса влиянием магнитного поля подтверждены более выраженным накоплением продуктов липопероксидации в плазме крови и ткани печени крыс в сравнении с интактными животными и крысами, подвергнутыми гипертермии. Влияние магнитного поля на крыс сопровождалось статистически значимым превышением относительно интактных крыс уровня диеновых конъюгатов на 17–21 % в плазме крови и на 36–43 % в ткани печени ( $p < 0,05$ ). Концентрация гидроперекисей липидов в условиях магнитной индукции выросла на 14–20 % в плазме крови и на 30–32 % в ткани печени в сравнении с интактной группой ( $p < 0,05$ ). Более выраженную динамику продемонстрировал вторичный продукт липопероксидации – малоновый диальдегид, накопление которого было статистически значимо превышено у животных, подвергнутых воздействию высоких температур. Таким образом, экспериментально подтверждены преимущества модели формирования оксидативного стресса воздействием переменного магнитного поля низкой частоты.

**Ключевые слова:** оксидативный стресс, переменное магнитное поле низкой частоты, гипертермия, продукты липопероксидации, диеновые конъюгаты, гидроперекиси липидов, малоновый диальдегид, крысы

**Для цитирования:** Панфилов С. В., Миллер Т. В., Симонова Н. В., Саяпина И. Ю., Лашин А. П. Преимущества моделирования оксидативного стресса воздействием переменного магнитного поля низкой частоты // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 69–76. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_69.

Original article

## Advantages of modeling oxidative stress with a low frequency alternating magnetic field

Stepan V. Panfilov<sup>1</sup>, Tatyana V. Miller<sup>2</sup>,Natalia V. Simonova<sup>3</sup>, Irina Yu. Sayapina<sup>4</sup>, Anton P. Lashin<sup>5</sup><sup>1, 3, 4</sup> Amur State Medical Academy, Amur region, Blagoveshchensk, Russia<sup>2</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia<sup>5</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Kaluga branch), Kaluga region, Kaluga, Russia<sup>1</sup> [panfilstep59@gmail.com](mailto:panfilstep59@gmail.com), <sup>2</sup> [tmiller2004@mail.ru](mailto:tmiller2004@mail.ru),<sup>3</sup> [simonova.agma@yandex.ru](mailto:simonova.agma@yandex.ru), <sup>5</sup> [ant.lashin@yandex.ru](mailto:ant.lashin@yandex.ru)

**Abstract.** Experimental modeling of oxidative stress is an important component of pharmacological studies at the preclinical stage. The article presents the results of approbation of the model of the impact of a low-frequency alternating magnetic field in comparison with the previously proven model of the influence of high temperatures on a warm-blooded organism. For the experiment, 4 groups of laboratory animals were formed, 30–36 rats each. The advantages of the model of oxidative stress formation under the influence of a magnetic field are confirmed by a more pronounced accumulation of lipid peroxidation products in the blood plasma and liver tissue of rats compared to intact animals and rats subjected to hyperthermia. The influence of the magnetic field on rats was accompanied by a statistically significant excess of the level of diene conjugates relative to intact rats by 17–21 % in blood plasma and by 36–43 % in liver tissue ( $p < 0.05$ ). The concentration of lipid hydroperoxides under magnetic induction increased by 14–20 % in blood plasma and 30–32 % in liver tissue compared with the intact group ( $p < 0.05$ ). More pronounced dynamics was demonstrated by the secondary product of lipid peroxidation – malon dialdehyde, the accumulation of which was statistically significantly higher in animals exposed to high temperatures. Thus, the advantages of the model of oxidative stress formation under the influence of a low-frequency alternating magnetic field have been experimentally confirmed.

**Keywords:** oxidative stress, low frequency alternating magnetic field, hyperthermia, lipid peroxidation products, diene conjugates, lipid hydroperoxides, malon dialdehyde, rats

**For citation:** Panfilov S. V., Miller T. V., Simonova N. V., Sayapina I. Yu., Lashin A. P. Preimushchestva modelirovaniya oksidativnogo stressa vozdeistviem peremennogo magnitnogo polya nizkoi chastoty [Advantages of modeling oxidative stress with a low frequency alternating magnetic field]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 3: 69–76. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_69.

**Введение.** Стремительные темпы технического прогресса расширили диапазон антропогенных стресс-факторов, негативно влияющих на теплокровный организм [1–3].

Проведенными ранее в Амурской государственной медицинской академии исследованиями было показано, что интегральным компонентом патогенеза стресс-реакции в ответ на воздействие физических факторов является активация процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) с формированием оксидативного стресса [4–8]. Учитывая ежегодное ухудшение электромагнитной обстановки и фрагментарность доклинических иссле-

дований, посвященных изучению хронического воздействия электромагнитного поля на организм, моделирование оксидативного стресса переменным магнитным полем низкой частоты (ПМП НЧ) с последующим поиском эффективных фармакокорректоров является актуальным.

**Цель работы** – изучить возможность моделирования оксидативного стресса воздействием переменного магнитного поля низкой частоты.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1. Изучить концентрацию диеновых конъюгатов, гидроперекисей липидов и малонового диальдегида в плазме крови

и ткани печени крыс в условиях воздействия переменного магнитного поля низкой частоты.

2. Изучить концентрацию диеновых конъюгатов, гидроперекисей липидов и малонового диальдегида в плазме крови и ткани печени крыс в условиях воздействия высоких температур.

**Материалы и методика исследований.** Исследования проведены на базе Центральной научно-исследовательской лаборатории Амурской государственной медицинской академии на 131 особи белых беспородных крыс-самцов массой 180–230 г в соответствии с нормативными требованиями проведения доклинических экспериментальных исследований и с разрешения локального этического комитета.

Моделирование оксидативного стресса осуществляли воздействием переменного магнитного поля низкой частоты ежедневно в течение 7; 14; 21 дня (длительность экспозиции – 3 часа) с помощью системы колец Гельмгольца (диаметр один метр), запитанной от источника переменного тока частотой 50 Гц, с индукцией магнитного поля 0,4 мТл. При этом клетки с животными помещали в центре установки (контрольная группа 2,  $n=35$ ).

В качестве модели сравнения использовали подтвердившую свою эффективность ранее в многочисленных доклинических исследованиях, проведенных в академии, модель формирования оксидативного стресса воздействием высоких температур (ВТ), которое осуществляли ежедневно в течение 7; 14; 21 дня (длительность экспозиции – 45 минут) (контрольная группа 1,  $n = 36$ ).

Все воздействия на животных проводили с соблюдением адекватных условий влажности и вентиляции. Контролем служили две интактных группы, в каждой по 30 животных, находящиеся в стандартных условиях вивария.

Забой животных проводили путем декапитации на 7; 14; 21 дни эксперимента по 10–12 крыс из интактных и контрольных групп. Интенсивность процессов перекисного окисления липидов оценивали, исследуя содержание диеновых конъюгатов (ДК), гидроперекисей липидов (ГЛ), малонового диальдегида (МДА) в плазме крови и ткани печени животных [9].

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием программы Statistica 10.0. Малое число наблюдений стало основанием для описания результатов с помощью расчета медианы (Me), нижнего и верхнего квартиля ( $Q_1$ ;  $Q_3$ ). Сравнение двух групп по количественному показателю выполнялось с помощью U-критерия Манна-Уитни. Статистическую значимость изменений показателей в динамике внутри группы оценивали с помощью критерия Вилкоксона. Во всех процедурах оценки различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты исследований.** Результаты анализа диеновой конъюгации липидов в плазме крови и ткани печени крыс в условиях воздействия высоких температур и переменного магнитного поля низкой частоты позволили установить статистически значимые изменения параметра в сравнении с интактными животными (табл. 1).

В условиях воздействия высоких температур достоверный рост концентрации диеновых конъюгатов в плазме крови составил 24 % (7 день), 26 % (14 день) и 31 % (21 день) ( $p < 0,05$ ); в ткани печени – 30; 29 и 27 % соответственно ( $p < 0,05$ ).

Влияние переменного магнитного поля низкой частоты на крыс сопровождалось статистически значимым превышением относительно интактных крыс уровня продукта перекисидации в плазме крови на 17 % к концу первой недели опыта; на 20 % – к концу второй; на 21 % – к концу третьей недели ( $p < 0,05$ ); в ткани печени – на 37; 36 и 43 % соответственно ( $p < 0,05$ ). Причем необходимо указать на достоверный рост концентрации диеновых конъюгатов в ткани печени крыс контрольной группы в динамике воздействия переменного магнитного поля низкой частоты от 7-го к 21-му дню ( $p < 0,05$ ).

Статистически значимые изменения относительно интактных крыс установлены в отношении гидроперекисей липидов, содержание которых превысило на 23 % (7 день), 26 % (14 день) и 16 % (21 день) в плазме крови, и на 18; 20 и 19 % соответственно в ткани печени на фоне гипертермии ( $p < 0,05$ ). В условиях переменного магнитного поля низкой частоты – на 14; 14 и 20 % соответственно в плазме крови,

**Таблица 1 – Концентрация диеновых конъюгатов в плазме крови (нмоль/мл) и ткани печени (нмоль/г ткани) крыс в условиях воздействия высоких температур и переменного магнитного поля низкой частоты в сравнении с интактными животными, Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>3</sub>]**

**Table 1 – Concentration of diene conjugates in blood plasma (nmol/ml) and liver tissue (nmol/g of tissue) of rats under conditions of exposure to high temperatures and a low frequency alternating magnetic field in comparison with intact animals, Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>3</sub>]**

Группы животных	Сроки опыта	Концентрация диеновых конъюгатов	
		в плазме крови	в ткани печени
Интактная группа 1 (n=30)	7-й день	36,9 [33,8; 39,0]	124,3 [119,5; 128,1]
	14-й день	36,2 [33,0; 38,8]	123,8 [118,6; 126,9]
	21-й день	35,8 [32,2; 37,6]	124,7 [120,2; 128,0]
Контрольная группа 1 (высокие температуры) (n=36)	7-й день	45,7 [42,9; 48,3]*	161,0 [155,4; 166,0]*
	14-й день	45,6 [42,0; 49,1]*	159,5 [154,2; 165,4]*
	21-й день	46,9 [44,1; 49,5]*	158,8 [153,5; 164,6]*
Интактная группа 2 (n=30)	7-й день	35,6 [32,2; 37,8]	126,2 [120,8; 129,7]
	14-й день	36,0 [33,1; 38,9]	125,5 [119,4; 131,2]
	21-й день	35,3 [33,0; 38,2]	126,6 [121,9; 131,0]
Контрольная группа 2 (переменное магнитное поле низкой частоты) (n=35)	7-й день	41,5 [38,7; 44,9]*	172,8 [168,1; 178,3]*
	14-й день	43,1 [39,8; 46,2]*	171,3 [165,5; 177,8]*
	21-й день	42,7 [39,5; 45,8]*	180,5 [172,7; 184,5]**
* p<0,05, по сравнению с интактными животными в аналогичный срок эксперимента (статистическая значимость различий по критерию Манна-Уитни); ** p<0,05, по сравнению с контрольными животными на 7-й день (статистическая значимость различий по критерию Вилкоксона).			

и на 32; 33 и 30 % в ткани печени (p< 0,05) (табл. 2).

Вторичный продукт липопероксидации – малоновый диальдегид накапливался при воздействии высоких температур и переменного магнитного поля низкой частоты, о чем свидетельствуют статистически значимые различия с соответствующими интактными группами в плазме крови и ткани печени.

Увеличение концентрации малонового диальдегида происходило более вы-

ражено в условиях переменного магнитного поля низкой частоты (как в плазме крови, так и в ткани печени), что наглядно демонстрируют категоризованные гистограммы (рис. 1, 2).

На гистограммах в контрольной группе 2 распределение слегка скошено вправо в сравнении с другими группами, что свидетельствует о более выраженном прооксидантном действии переменного магнитного поля низкой частоты в сравнении с воздействием высоких температур.



**Таблица 2 – Концентрация гидроперекисей липидов в плазме крови (нмоль/мл) и ткани печени (нмоль/г ткани) крыс в условиях воздействия высоких температур и переменного магнитного поля низкой частоты в сравнении с интактными животными, Ме [Q<sub>1</sub>; Q<sub>3</sub>]**

**Table 2 – Concentration of lipid hydroperoxides in blood plasma (nmol/ml) and liver tissue (nmol/g of tissue) of rats exposed to high temperatures and a low frequency alternating magnetic field in comparison with intact animals, Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>3</sub>]**

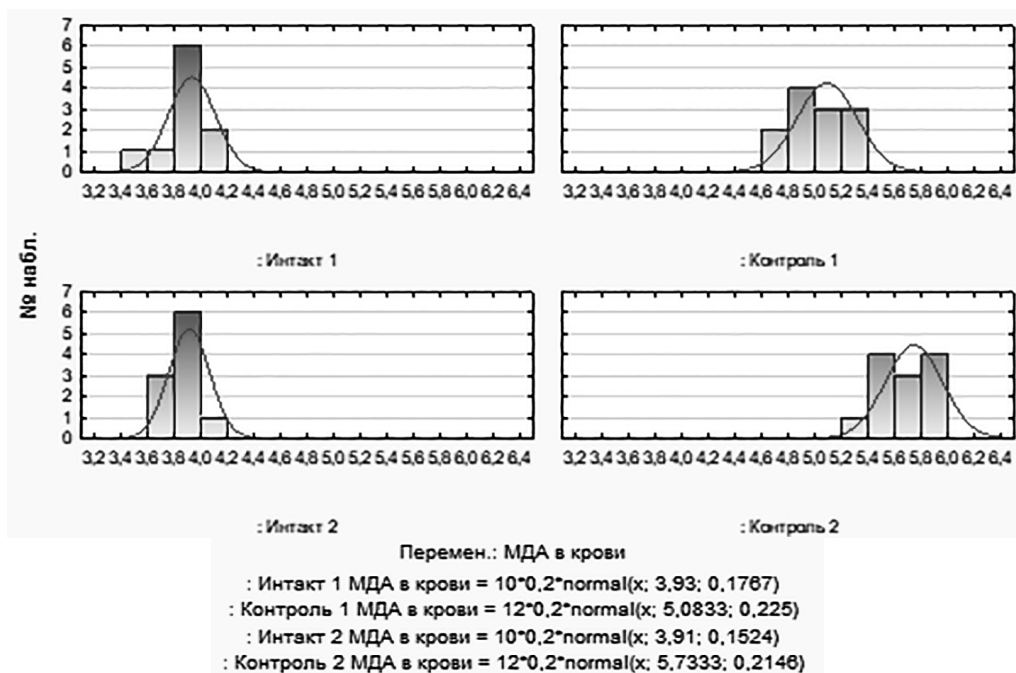
Группы животных	Сроки опыта	Концентрация гидроперекисей липидов	
		в плазме крови	в ткани печени
Интактная группа 1 (n=30)	7-й день	30,3 [26,5; 33,1]	63,7 [59,2; 67,4]
	14-й день	29,7 [25,9; 33,0]	62,9 [58,0; 66,5]
	21-й день	30,6 [26,2; 34,3]	62,1 [57,8; 66,4]
Контрольная группа 1 (высокие температуры) (n=36)	7-й день	37,3 [34,2; 40,5]*	75,3 [72,1; 79,0]*
	14-й день	37,4 [33,8; 39,9]*	75,6 [73,2; 78,4]*
	21-й день	35,5 [32,3; 38,6]*	73,9 [69,8; 78,1]*
Интактная группа 2 (n=30)	7-й день	30,2 [26,8; 33,4]	62,5 [58,4; 66,5]
	14-й день	31,0 [28,5; 34,6]	64,4 [59,5; 67,8]
	21-й день	30,5 [27,1; 34,2]	64,0 [58,7; 68,1]
Контрольная группа 2 (переменное магнитное поле низкой частоты) (n=35)	7-й день	34,5 [30,1; 36,7]*	82,9 [78,2; 87,5]*
	14-й день	35,3 [30,9; 37,6]*	85,7 [80,9; 88,6]*
	21-й день	36,6 [33,0; 39,2]*	83,4 [79,5; 87,0]*
* p<0,05, по сравнению с интактными животными в аналогичный срок эксперимента (статистическая значимость различий по критерию Манна-Уитни).			

**Заключение.** На лабораторных животных изучен процесс перекисного окисления липидов путем моделирования оксидативного стресса, вызванного воздействием переменного магнитного поля низкой частоты и высоких температур.

При воздействии переменного магнитного поля низкой частоты содержание продуктов перекисного окисления липидов в плазме крови и ткани печени у крыс увеличено и в среднем составляет: диеновых конъюгатов в плазме крови – 17–21 %, в ткани печени – 36–43 %; гидроперекисей липидов в плазме крови – 14–20 %, в ткани печени 30–32 %.

*Малоновый диальдегид накапливался при воздействии высоких температур и переменного магнитного поля низкой частоты; его содержание значительно превышено у животных, подвергнутых воздействию высоких температур.*

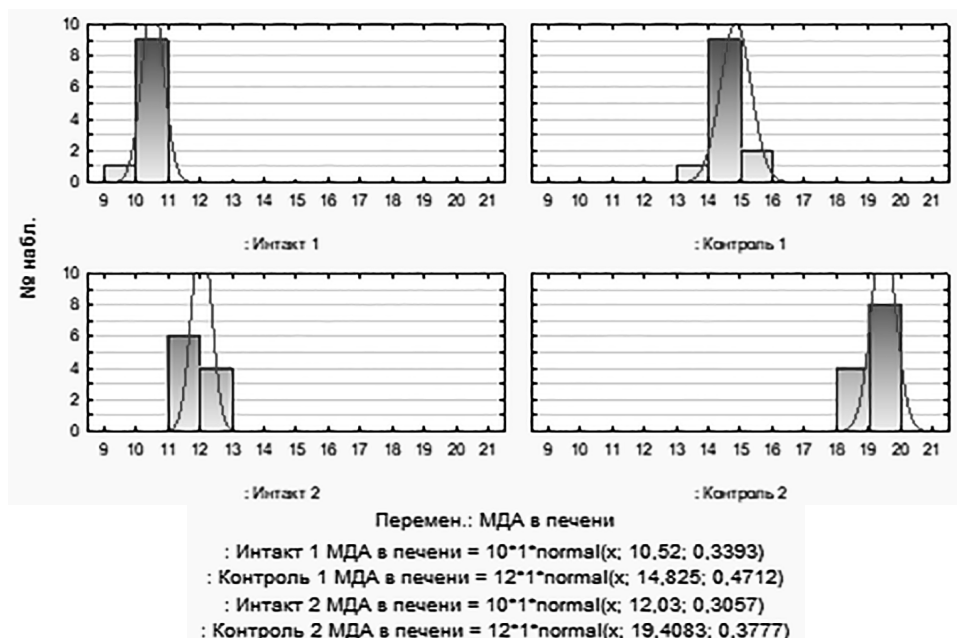
*Экспериментально подтверждены преимущества модели формирования оксидативного стресса воздействием переменного магнитного поля низкой частоты в сравнении с гипертермией, базируемые на более выраженном накоплении продуктов липопероксидации в плазме крови и ткани печени лабораторных животных.*



контроль 1 – высокая температура;  
 контроль 2 – переменное магнитное поле низкой частоты

**Рисунок 1 – Концентрация малонового диальдегида в плазме крови животных интактных и контрольных групп**

**Figure 1 – Concentration of malon dialdehyde in the blood plasma of animals of intact and control groups**



контроль 1 – высокая температура;  
 контроль 2 – переменное магнитное поле низкой частоты

**Рисунок 2 – Концентрация малонового диальдегида в ткани печени животных интактных и контрольных групп**

**Figure 1 – Concentration of malon dialdehyde in liver tissue of animals of intact and control groups**

## Список источников

1. Косолапов В. А., Трегубова И. А. Моделирование стресса в эксперименте // Лекарственный вестник. 2022. № 23 (2). С. 17–19. EDN: KAMWSQ.
2. Лашин А. П., Симонова Н. В., Симонова Н. П. Эффективность применения настоев лекарственных растений у новорожденных телят // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2014. № 9 (96). С. 153–157. EDN: SZBUOB.
3. Приходько В. А., Селизарова Н. О., Оковитый С. В. Молекулярные механизмы развития гипоксии и адаптации к ней. Часть II // Архив патологии. 2021. № 83 (3). С. 62–69. DOI: 10.17116/patol20218303162.
4. Доровских В. А., Ли О. Н., Симонова Н. В., Штарберг М. А., Бугреева Т. А. Ремаксол в коррекции процессов перекисного окисления липидов биомембран, индуцированных холодным воздействием // Якутский медицинский журнал. 2015. № 4 (52). С. 21–24.
5. Лашин А. П., Симонова Н. В., Симонова Н. П. Фитопрофилактика диспепсии у новорожденных телят // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 9 (108). С. 189–192. EDN: UJKGNL.
6. Лашин А. П., Симонова Н. В. Фитопрепараты в коррекции окислительного стресса у телят // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 4 (44). С. 131–135. EDN: CBZBTW.
7. Рапиев Р. А., Маннапова Р. Т. Биохимический статус организма животных как компенсаторно-регуляторная реакция на фоне действия стресса // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–12. С. 2663–2666. EDN: RQRXCJ.
8. Lashin A., Simonova N., Miller T., Panfilov S., Chubin A. Substantiation of the choice of the model for the formation of oxidative stress in preclinical studies // Development and Modern Problems of Aquaculture (AQUACULTURE 2022): E3S Web of Conferences : International Scientific and Practical Conference, 2023. Vol. 381. P. 01106. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338101106>.
9. Кудаева И. В., Маснабиева Л. Б. Методы оценки оксидативного статуса в лабораторной практике // Медицинский алфавит. 2015. № 1 (2). С. 14–18. EDN: TVYXAR.

## Reference

1. Kosolapov V. A., Tregubova I. A. Modelirovanie stressa v eksperimente [Simulation of stress in experiment]. *Lekarstvennyj vestnik. – Medicinal Bulletin*, 2022; 23 (2): 17–19. EDN: KAMWSQ (in Russ.).
2. Lashin A. P., Simonova N. V., Simonova N. P. Effektivnost' primeneniya nastoev lekarstvennykh rastenij u novorozhdennykh telyat [The effectiveness of the use of infusions of medicinal plants in newborn calves]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2014; 9 (96): 153–157. EDN: SZBUOB (in Russ.).
3. Prihod'ko V. A., Selizarova N. O., Okovityj S. V. Molekulyarnye mekhanizmy razvitiya gipoksii i adaptacii k nej. Chast' II [Molecular mechanisms of hypoxia development and adaptation to it. Part II]. *Arhiv patologii. – Archive of Pathology*, 2021; 83 (3): 62–69. DOI: 10.17116/patol20218303162 (in Russ.).
4. Dorovskih V. A., Li O. N., Simonova N. V., Shtarberg M. A., Bugreeva T. A. Remaksol v korrekcii processov perekisnogo okisleniya lipidov biomembran, inducirovanny hholodovym vozdeystviem [Remaxol in the correction of lipid peroxidation of biomembranes induced by cold exposure]. *Yakutskij medicinskij zhurnal. – Yakut Medical Journal*, 2015; 4 (52): 21–24 (in Russ.).
5. Lashin A. P., Simonova N. V., Simonova N. P. Fitoprofilaktika dispepsii u novorozhdennykh telyat [Phytoprophylaxis of dyspepsia in newborn calves]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2015; 9 (108): 189–192. EDN: UJKGNL (in Russ.).
6. Lashin A. P., Simonova N. V. Fitopreparaty v korrekcii okislitel'nogo stressa u telyat [Phytopreparations in the correction of oxidative stress in calves]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2017; 4 (44): 131–135. EDN: CBZBTW. (in Russ.).
7. Rapiev R. A., Mannapova R. T. Biohimicheskij status organizma zhivotnykh kak kompensatorno-regulyatornaya reakciya na fone dejstviya stressa [Biochemical status of the

animal organism as a compensatory-regulatory response against the background of stress]. *Fundamental'nye issledovaniya. – Fundamental Research*, 2013; 10–12: 2663–2666. EDN: RQRXCJ (in Russ.).

8. Lashin A., Simonova N., Miller T., Panfilov S., Chubin A. Substantiation of the choice of the model for the formation of oxidative stress in preclinical studies. Proceedings from Development and Modern Problems of Aquaculture (AQUACULTURE 2022): E3S Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference. (PP. 01106), 2023. Vol. 381. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338101106>.

9. Kudaeva I. V., Masnavieva L. B. Metody ocenki oksidativnogo statusa v laboratornoj praktike [Methods for assessing oxidative status in laboratory practice]. *Medicinskij alfavit. – Medical alphabet*, 2015; 1 (2): 14–18. EDN: TVYXAR (in Russ.).

© Панфилов С. В., Миллер Т. В., Симонова Н. В., Саяпина И. Ю., Лашин А. П., 2023

Статья поступила в редакцию 01.08.2023; одобрена после рецензирования 21.08.2023; принята к публикации 01.09.2023.

The article was submitted 01.08.2023; approved after reviewing 21.08.2023; accepted for publication 01.09.2023.

### **Сведения об авторах**

**Панфилов Степан Владимирович**, аспирант, Амурская государственная медицинская академия, [panfilstep59@gmail.com](mailto:panfilstep59@gmail.com);

**Миллер Татьяна Викторовна**, кандидат биологических наук, Дальневосточный государственный аграрный университет, ORCID: 0000-0002-9900-3724, [tmiller2004@mail.ru](mailto:tmiller2004@mail.ru);

**Симонова Наталья Владимировна**, доктор биологических наук, профессор, Амурская государственная медицинская академия, [simonova.agma@yandex.ru](mailto:simonova.agma@yandex.ru);

**Саяпина Ирина Юрьевна**, доктор биологических наук, доцент, Амурская государственная медицинская академия;

**Лашин Антон Павлович**, доктор биологических наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева (Калужский филиал), [ant.lashin@yandex.ru](mailto:ant.lashin@yandex.ru)

### **Information about authors**

**Stepan V. Panfilov**, Postgraduate Student, Amur State Medical Academy, [panfilstep59@gmail.com](mailto:panfilstep59@gmail.com);

**Tatyana V. Miller**, Candidate of Biological Sciences, Far Eastern State Agrarian University, ORCID: 0000-0002-9900-3724, [tmiller2004@mail.ru](mailto:tmiller2004@mail.ru);

**Natalia V. Simonova**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Amur State Medical Academy, [simonova.agma@yandex.ru](mailto:simonova.agma@yandex.ru);

**Irina Yu. Sayapina**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Amur State Medical Academy;

**Anton P. Lashin**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Kaluga Branch), [ant.lashin@yandex.ru](mailto:ant.lashin@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 631.3

EDN CKW0EJ

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_77

**Обоснование параметров прессующе-формующего блока пресса  
для получения корнеплодно-зерновых гранул****Андрей Владимирович Бурмага<sup>1</sup>, Александр Викторович Чубенко<sup>2</sup>,  
Виктор Вацлавович Самуйло<sup>3</sup>, Юрий Борисович Курков<sup>4</sup>,  
Сергей Александрович Винокуров<sup>5</sup>**<sup>1,2,3,4</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет  
Амурская область, Благовещенск, Россия<sup>5</sup> Дальневосточное высшее общевойсковое командное училище  
имени Маршала Советского Союза К. К. Рокоссовского

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [burmaga@mail.ru](mailto:burmaga@mail.ru), <sup>5</sup> [sergeivinokurov1978@mail.ru](mailto:sergeivinokurov1978@mail.ru)

**Аннотация.** На основе проведенного ранее анализа конструктивно-технологических схем прессов для получения кормовых продуктов, разработана структурно-функциональная схема пресса для получения гранулированно-брикетированных смесей на основе корнеплодно-зерновых композиций. Ранее проведенные исследования позволили определить размерные характеристики, а также физико-механические свойства и показатели исходного зернового и корнеклубнеплодного сырья. Установлено, что определяющими факторами, от которых зависит конечное качество получаемого продукта (гранул, брикетов) являются параметры работы конечного элемента прессующе-формующего блока пресса. Установлены факторы, оказывающие наибольшее влияние на исследуемый процесс; определены уровни их варьирования для реализации предложенной матрицы планирования эксперимента. В результате проведения экспериментальных исследований, состоящих из 15 опытов, был осуществлен регрессионный анализ и получены значения: стандартного отклонения, коэффициентов корреляции и детерминации; определен F-критерий и получены значения его значимости. На основе проведенной математической обработки экспериментальных данных получены математические модели, адекватно описывающие характер протекания процесса приготовления гомогенизированной-формованной смеси на конечном этапе – в прессующе-формующем блоке. Достоверность моделей оценивалась по уровню значимости критерия Фишера, который составил меньше 0,05, что подтвердило значимость полученных моделей. Математическая обработка полученных моделей выявила области экстремальных значений факторов: угловой скорости ножа; длины канала и толщины стенки брикета при которых принятые критерии оптимизации (однородность; прочность гранул и энергоемкость) стремятся к установленному оптимальному значению. Проведена графическая интерпретация полученных зависимостей в виде поверхностей и их сечений, которая позволяет наглядно оценить влияние изменений каждого фактора на принятый критерий оптимизации при работе прессующе-формующего блока пресса.

**Ключевые слова:** пресс, структурно-функциональная схема, прессующе-формующий блок, корнеплодно-зерновые гранулы, фактор, математическая модель, матрица, эксперимент

**Для цитирования:** Бурмага А. В., Чубенко А. В., Самуйло В. В., Курков Ю. Б., Винокуров С. А. Обоснование параметров прессующе-формующего блока пресса для получения корнеплодно-зерновых гранул // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 77–87. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_77.

Original article

## Justification of the parameters of the pressing-forming block of the press for obtaining root crops-grain granules

Andrei V. Burmaga<sup>1</sup>, Aleksandr V. Chubenko<sup>2</sup>,  
Viktor V. Samuilo<sup>3</sup>, Yurii B. Kurkov<sup>4</sup>, Sergei A. Vinokurov<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>5</sup> Far Eastern Higher Combined Arms Command School named after Marshal of the Soviet Union K. K. Rokossovsky, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [burmaga@mail.ru](mailto:burmaga@mail.ru), <sup>5</sup> [sergeivinokurov1978@mail.ru](mailto:sergeivinokurov1978@mail.ru)

**Abstract.** Based on the previously conducted analysis of the structural and technological schemes of presses for obtaining a feed products, a structural and functional scheme of a press for obtaining granular-briquetted mixtures based on root-grain compositions has been developed. Earlier studies have made it possible to determine the dimensional characteristics, as well as the physical and mechanical properties and indicators of the initial grain and root-tuberous raw materials. It is established that the determining factors on which the final quality of the resulting product (granules, briquettes) depends are the parameters of the operation of the final element – the pressing-forming block of the press. The factors that have the greatest influence on the process under the study are identified, and the levels of their variation for the implementation of the proposed experiment planning matrix are determined. As a result of experimental studies consisting of 15 experiments, regression analysis was carried out and the values of standard deviation, correlation and determination coefficients were obtained, the F-criterion was determined and its significance values. Based on the mathematical processing of experimental data, mathematical models were obtained that adequately described the nature of the process of preparing a homogenized-molded mixture at the final stage – in the pressing-forming block. The reliability of the models was assessed by the significance level of the Fisher criterion, which was less than 0.05, which confirmed the significance of the models obtained. Mathematical processing of the obtained models revealed areas of extreme values of factors: the angular velocity of the knife, the length of the channel and the thickness of the briquette wall; at which the accepted optimization criteria (uniformity, strength of granules and energy intensity) tend to the established optimal value. A graphical interpretation of the obtained dependencies in the form of surfaces and their sections is carried out, which allows us to visually assess how the change of each factor affects the accepted optimization criterion when working with the pressing-forming block of the press.

**Keywords:** press, structural and functional diagram, pressing-forming block, crops-grain granules, factor, mathematical model, matrix, experiment

**For citation:** Burmaga A. V., Chubenko A. V., Samuilo V. V., Kurkov Yu. B., Vinokurov S. A. Obosnovanie parametrov pressuyushche-formuyushchego bloka pressa dlya polucheniya korneplodno-zernovykh granul [Justification of the parameters of the pressing-forming block of the press for obtaining root crops-grain granules]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 3: 77–87. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_77.

**Введение.** На основе проведенного анализа установлено, что высокой питательной ценностью (содержат β-каротин и др.) обладают так называемые «сочные корма», в состав которых входят корнеклубнеплоды (морковь, свекла, тыква, арбузы кормовые, кочаны капусты и т. д.).

В тоже время высокой кормовой ценностью (содержат белки, витамин Е, витамины группы В и другие биологически активные вещества) обладают зерно-

вые и зернобобовые культуры (пшеница, ячмень, кукуруза, соя, горох и др.), называемые концентрированными кормовыми продуктами.

Анализ существующих технологических схем трансформации исходного сырья в готовые продукты [1–5] показал, что возможность использования корнеклубнеплодов без дорогостоящих хранилищ ограничена по времени двумя месяцами – в сентябре и в октябре. В остальное время

года они замораживаются и используются в очень ограниченных количествах или же не используются вообще, как показывает практика.

При этом фуражное зерно может использоваться и перерабатываться в продукты кормового назначения круглогодично.

В качестве существенного недостатка здесь необходимо выделить большую загрязненность помещений мучной пылью.

На наш взгляд, исключить недостатки, присущие традиционным способам подготовки корнеклубнеплодного и зернобобового сырья, можно путем получения гранулированно-брикетированных корнеплодно-зерновых композиций с помощью специального пресс-гранулятора.

Анализом также установлено, что такого вида технологический процесс и технические средства для его осуществления ранее не предлагались, а потому нет данных для их проектирования и конструирования.

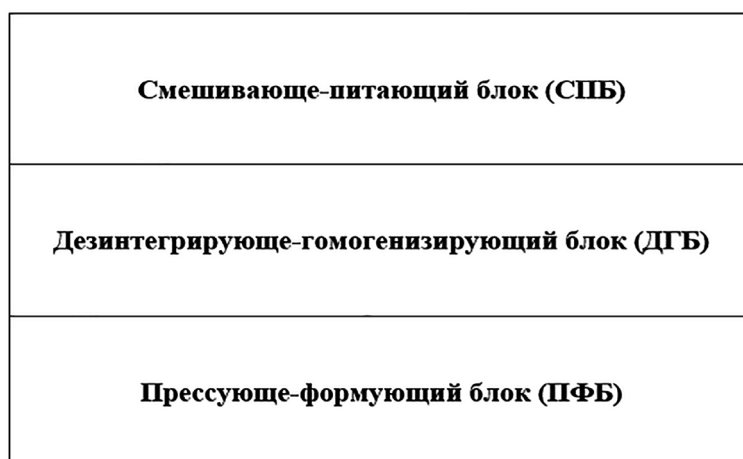
Таким образом, нами констатируется противоречие между стремлением товаропроизводителя повысить эффек-

тивность производства животноводческой и птицеводческой продукции путем использования обладающих высокой питательной и кормовой ценностью сырьевых продуктов в виде корнеклубнеплодов и семян зернобобовых культур, и отсутствием знаний о закономерностях приготовления кормовых продуктов на основе гранулированно-брикетированных корнеплодно-зерновых композиций, что порождает проблемную ситуацию.

**Целью исследования является обоснование параметров прессующе-формующего блока пресса для получения корнеплодно-зерновых гранул.**

Ранее проведенными исследованиями [6–11] установлено, что оптимальной структурно-функциональной схемой пресса для получения гранулированно-брикетированных смесей на основе корнеплодно-зерновых композиций следует признать схему, основными элементами которой являются три функциональных блока (рис. 1).

Из рисунка видно, что определяющим фактором, от которого зависит конечное качество получаемого продукта (гранул, брикетов), являются параметры



**Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема пресса для получения гранулированно-брикетированных смесей на основе корнеплодно-зерновых композиций**

**Figure 1 – Structural and functional diagram of the press for the production of granular-briquetted mixtures based on root crops-grain compositions**

работы прессующе-формуемого блока (ПФБ) пресса.

**Материалы и методы исследований.** При проведении экспериментальных исследований в качестве управляемых факторов приняты:

- 1) угловая скорость ножа –  $\omega_n$ , с<sup>-1</sup>;
- 2) длина канала –  $l^c$ , мм;
- 3) толщина стенки брикета –  $\Delta d$ , мм.

В качестве критериев оптимизации использованы:

- 1)  $\theta$  – однородность, %;
- 2) Пр – прочность гранул, %;
- 3)  $N_3$  – энергоемкость, (Вт·ч)/кг.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В результате поисковых опытов определены уровни варьирования указанными факторами для зависимостей:

$$Y_{4-6} = f(l^c; \Delta d; \omega_n) \rightarrow opt$$

В таблице 1 представлены факторы процесса и уровни их варьирования.

В таблице 2 дана матрица планирования трехфакторного эксперимента и его результаты по 15 опытам.

После реализации эксперимента по матрице планирования (табл. 2) и получения данных проведена их обработка, что отражено в таблицах 3, 4.

**Таблица 1 – Факторы и уровни варьирования для процесса формования**

**Table 1 – Factors and levels of variation for the molding process**

Уровни варьирования	$X_1/l^c$ , мм	$X_2/\Delta d$ , мм	$X_3/\omega_n$ , с <sup>-1</sup>
Верхний уровень (+)	40,0	14,0	10,5
Основной уровень (0)	30,0	12,0	9,5
Нижний уровень (-)	20,0	10,0	9,0
Интервал варьирования (E)	10,0	2,0	0,5

**Таблица 2 – Матрица планирования эксперимента и результаты опытов**

**Table 2 – Experiment planning matrix and experiment results**

Номер опыта	Факторы в безразмерной системе координат			Факторы в натуральном масштабе			Выходной параметр		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1/l^c$	$X_2/\Delta d$	$X_3/\omega_n$	$Y_4/\theta_r$	$Y_5/Пр$	$Y_6/N_3$
1	-1	-1	1	20,0	10,0	10,0	86,0	77,0	42,4
2	1	-1	-1	40,0	10,0	9,0	81,0	76,0	40,5
3	-1	1	-1	20,0	14,0	9,0	86,0	78,0	43,0
4	1	1	1	40,0	14,0	10,0	77,0	84,0	45,8
5	0	-1	-1	20,0	10,0	9,0	73,0	70,0	41,3
6	1	-1	1	40,0	10,0	10,0	81,0	89,0	43,6
7	0	1	1	20,0	14,0	10,0	93,0	77,0	40,9
8	1	1	-1	40,0	14,0	9,0	78,0	79,0	46,7
9	-1,215	0	0	17,85	12,0	9,5	97,0	73,0	42,0
10	+1,215	0	0	42,51	12,0	9,5	91,0	85,0	45,3
11	0	-1,215	0	30,0	9,57	9,5	92,0	78,0	40,2
12	0	+1,215	0	30,0	14,502	9,5	89,0	88,0	40,0
13	0	0	-1,215	30,0	12,0	8,8745	92,0	89,0	39,4
14	0	0	+1,215	30,0	12,0	10,1255	95,0	93,0	38,0
15	0	0	0	30,0	12,0	9,5	96,5	95,0	35,08



**Таблица 3 – Регрессионный анализ зависимости  $Y_{4-6} = f(X_1; X_2; X_3) \rightarrow \max$**   
**Table 3 – Regression analysis of the dependence  $Y_{4-6} = f(X_1; X_2; X_3) \rightarrow \max$**

Критерий	Стандартное отклонение	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации	F-критерий	Значимость F-критерия (P=0,95)
$Y_4 \rightarrow \max$	0,822	0,968	0,96	8,18	0,02
$Y_5 \rightarrow \max$	0,811	0,966	0,933	7,69	0,02
$Y_6 \rightarrow \min$	0,766	0,957	0,916	6,10	0,03

**Таблица 4 – Результаты регрессионного анализа**  
**Table 4 – Regression analysis results**

Критерий	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{23}$	$a_{11}$	$a_{22}$	$a_{33}$	Заключение об адекватности	
											$F_R$	$F_T$
$Y_4$	100,6	-2,52	0,92	2,04	-3,38	-2,63	-0,88	-5,21	-7,60	-5,39	8,18	3,59
$Y_5$	92,19	3,77	1,71	2,60	-1,25	1,50	-2	-8,11	-5,43	-0,22	7,69	3,59
$Y_6$	36,97	1,15	0,74	-	1,02	0,40	-0,90	3,97	1,61	0,71	6,10	3,59

На основе проведенной математической обработки экспериментальных данных получены математические модели, характеризующие процесс приготовления гомогенизированной-формованной смеси, которые после отсеивания незначимых коэффициентов имеют вид:

1) в кодированной форме представлены выражения (1)–(3);

2) в раскодированной форме даны в виде выражений (4)–(6).

$$Y_4 = 100,6 - 2,52 \cdot X_1 + 0,92 \cdot X_2 + 2,04 \cdot X_3 - 3,38 \cdot X_1 \cdot X_2 - 2,63 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,88 \cdot X_2 \cdot X_3 - 5,21 \cdot X_1^2 - 7,6 \cdot X_2^2 - 5,39 X_3^2 \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$Y_5 = 92,19 + 3,77 \cdot X_1 + 1,71 \cdot X_2 + 2,60 \cdot X_3 - 1,25 \cdot X_1 \cdot X_2 + 1,5 \cdot X_1 \cdot X_3 - 2 \cdot X_2 \cdot X_3 - 8,11 \cdot X_1^2 - 5,43 \cdot X_2^2 - 0,22 \cdot X_3^2 \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$Y_6 = 36,97 + 1,15 \cdot X_1 + 0,74 \cdot X_2 + 1,02 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,4 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,9 \cdot X_2 \cdot X_3 + 3,97 \cdot X_1^2 + 1,61 \cdot X_2^2 + 0,71 \cdot X_3^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

$$\theta_T = -2513,59 + 9,89l_c + 59,46 \cdot \Delta d + 440,16 \cdot \omega - 0,17l_c \cdot \Delta d - 0,53 \cdot l_c \cdot \omega - 0,88 \cdot \Delta d \cdot \omega - 0,05l_c^2 - 1,9\Delta d^2 - 21,57\omega^2 \rightarrow \text{opt}, \quad (4)$$

$$P_p = -493,1 + 3,15 \cdot l_c + 54,34 \cdot \Delta d - 0,06 \cdot l_c \cdot \Delta d + 0,3 \cdot l_c \cdot \omega - 2 \cdot \Delta d \cdot \omega - 0,08 \cdot l_c^2 - 1,36 \cdot \Delta d^2 \rightarrow \max, \quad (5)$$

$$N'_{yd} = 320,37 - 3,64 \cdot l_c - 46 \cdot \omega + 0,05 \cdot l_c \cdot \Delta d + 0,08 \cdot l_c \cdot \Delta d - 0,9 \cdot \Delta d \cdot \omega + 0,04 \cdot l_c^2 + 0,4 \cdot \Delta d^2 + 2,86 \cdot \omega^2 \rightarrow \min \quad (6)$$

Адекватность полученных моделей по результатам регрессионного анализа, с вероятностью 0,95, при коэффициентах корреляции  $R_4=0,968$ ,  $R_5=0,966$  и  $R_6=0,957$  подтверждается неравенством  $F_R > F_T$  (табл. 4).

Достоверность моделей также оценивается по уровню значимости критерия Фишера, который должен быть меньше 0,05. Так как  $P_4=0,02$ ,  $P_5=0,02$  и  $P_6=0,03$ , это означает, что полученные модели значимы.

Степень точности описания моделью этого процесса также характеризует коэффициент детерминации ( $R^2$ ). Поскольку данный коэффициент находится в пределах выше 0,8–0,95 (табл. 3), то можно также говорить о высокой точности аппроксимации (модель хорошо описывает явление).

В таблице 5 приведены области экстремальных значений факторов  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$ , при которых критерии оптимизации  $Y_{4-6}$  стремятся к оптимальному значению.

На основе этих данных выполнена графическая интерпретация полученных зависимостей в виде поверхностей и их сечений (рис. 2–10).

Таблица 5 – Области экстремальных значений

Table 5 – Areas of extreme values

Критерий	$X_1/t^c$ , мм	$X_2/\Delta d$ , мм	$X_3/\omega_n$ , с <sup>-1</sup>	$Y_{4-6}$
$Y_4 \rightarrow max$	0,35/30,0	0,38/12,7	0,58/9,9	96,5/96,4
$Y_5 \rightarrow max$	0,35/30,0	0,29/12,0	1,12/9,7	95,0/95,0
$Y_6 \rightarrow max$	0/30,0	0/12,0	0,03/9,5	36,9/36,4

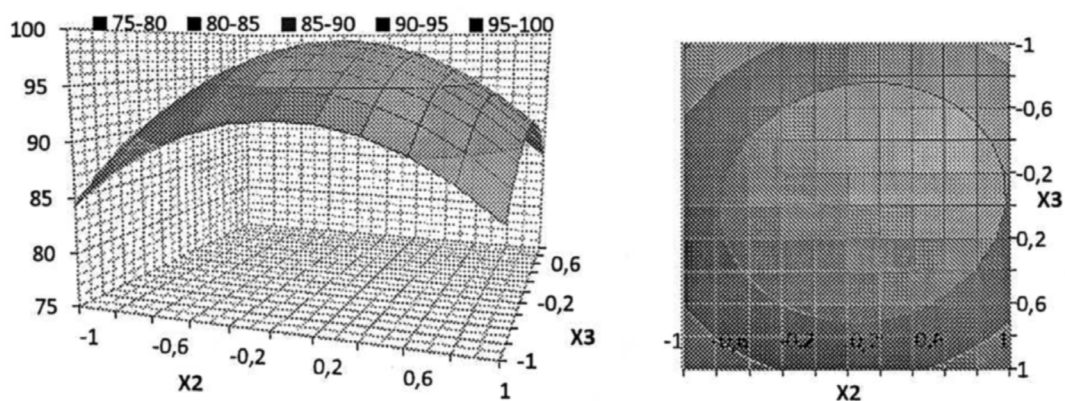


Рисунок 2 – Поверхность отклика  $Y_4 = f(X_1 = 0,35; X_2; X_3) \rightarrow max$  и ее сечения  
 Figure 2 – Response surface  $Y_4 = f(X_1 = 0,35; X_2; X_3) \rightarrow max$  and its sections

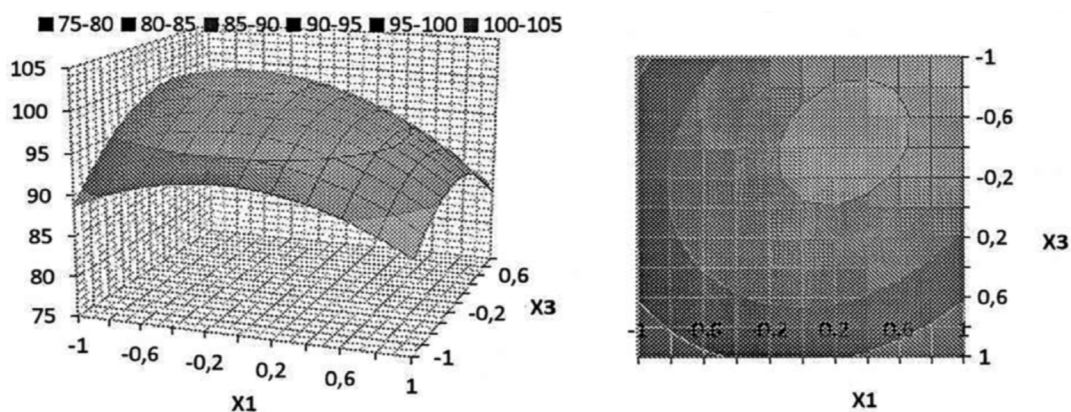


Рисунок 3 – Поверхность отклика  $Y_4 = f(X_1; X_2 = 0,38; X_3) \rightarrow max$  и ее сечения  
 Figure 3 – Response surface  $Y_4 = f(X_1; X_2 = 0,38; X_3) \rightarrow max$  and its sections

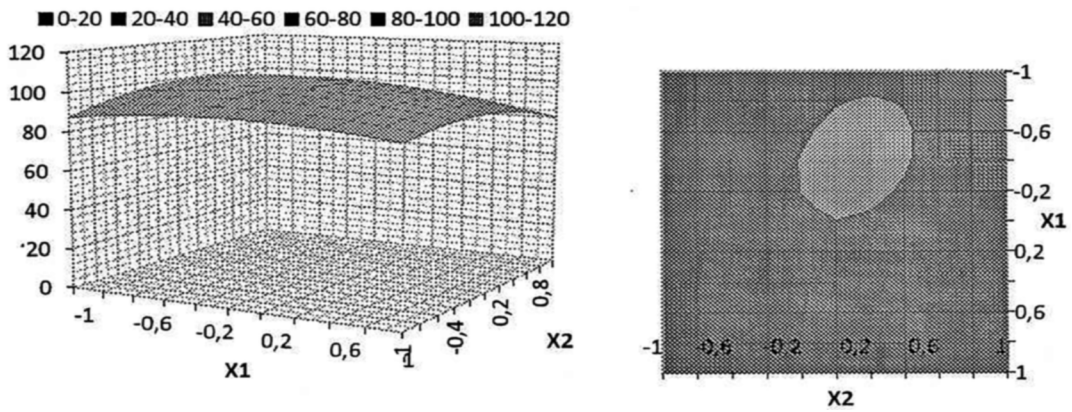


Рисунок 4 – Поверхность отклика  $Y_4 = f(X_1; X_2; X_3 = 0,58) \rightarrow \max$  и ее сечения  
 Figure 4 – Response surface  $Y_4 = f(X_1; X_2; X_3 = 0,58) \rightarrow \max$  and its sections

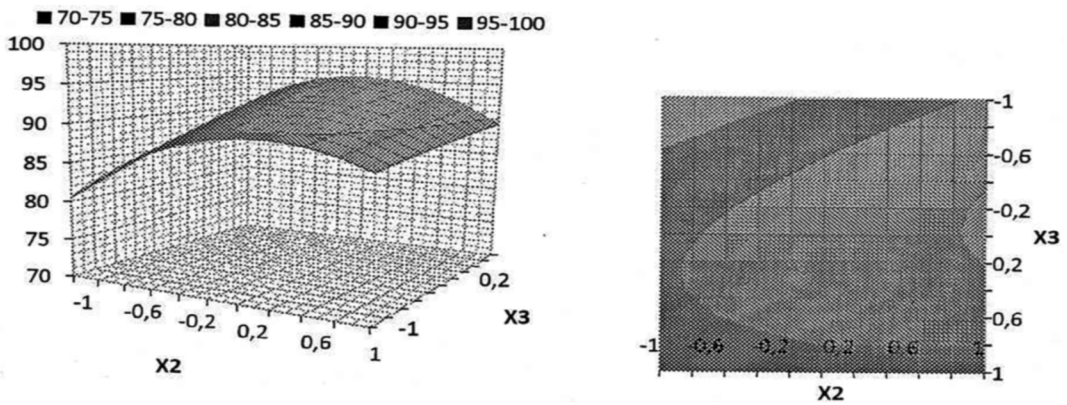


Рисунок 5 – Поверхность отклика  $Y_5 = f(X_1 = 0,35; X_2; X_3) \rightarrow \max$  и ее сечения  
 Figure 5 – Response surface  $Y_5 = f(X_1 = 0,35; X_2; X_3) \rightarrow \max$  and its sections

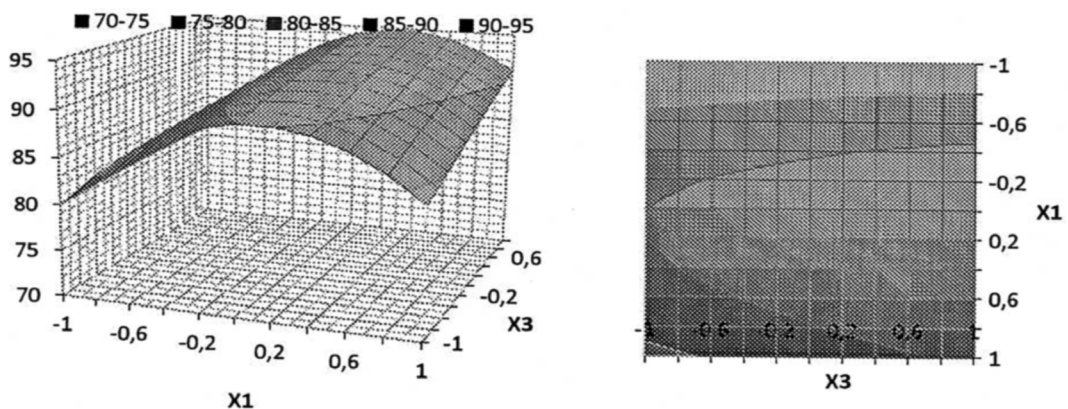


Рисунок 6 – Поверхность отклика  $Y_5 = f(X_1; X_2 = 0,29; X_3) \rightarrow \max$  и ее сечения  
 Figure 6 – Response surface  $Y_5 = f(X_1; X_2 = 0,29; X_3) \rightarrow \max$  and its sections

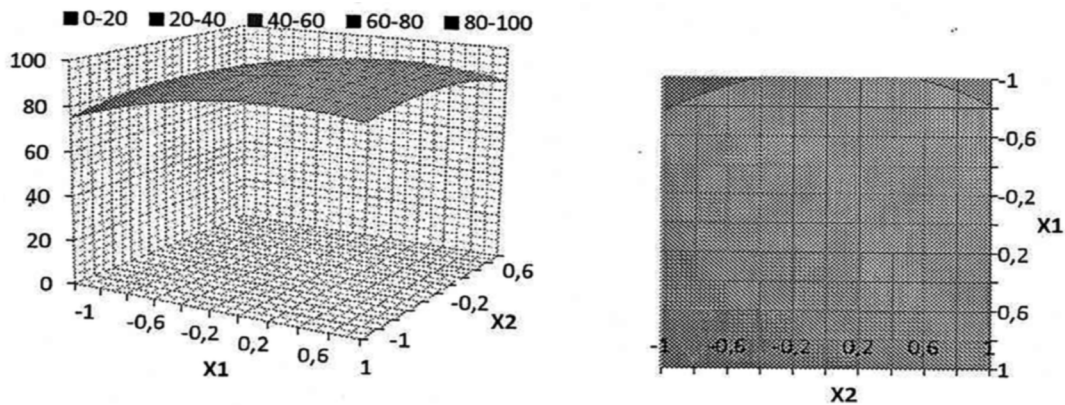


Рисунок 7 – Поверхность отклика  $Y_5 = f(X_1; X_2; X_3 = 1,12) \rightarrow \max$  и ее сечения  
 Figure 7 – Response surface  $Y_5 = f(X_1; X_2; X_3 = 1,12) \rightarrow \max$  and its sections

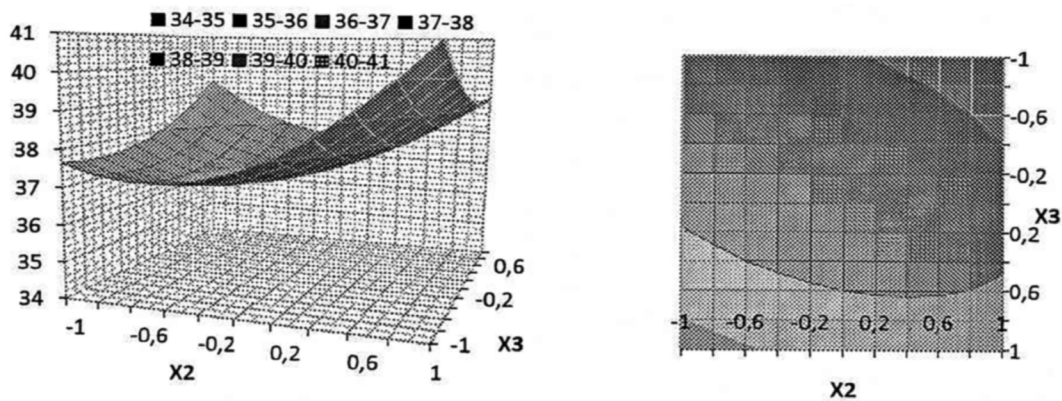


Рисунок 8 – Поверхность отклика  $Y_6 = f(X_1 = 0; X_2; X_3) \rightarrow \min$  и ее сечения  
 Figure 8 – Response surface  $Y_6 = f(X_1 = 0; X_2; X_3) \rightarrow \min$  and its sections

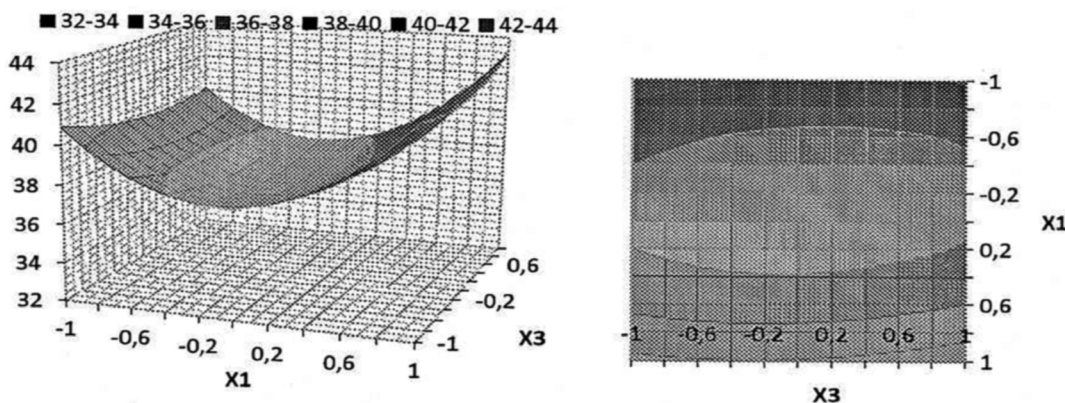
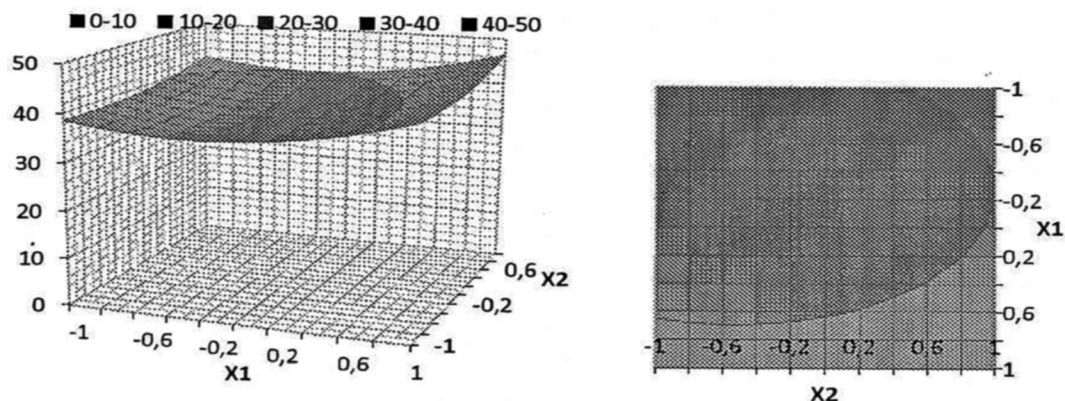


Рисунок 9 – Поверхность отклика  $Y_6 = f(X_1; X_2 = 0; X_3) \rightarrow \min$  и ее сечения  
 Figure 9 – Response surface  $Y_6 = f(X_1; X_2 = 0; X_3) \rightarrow \min$  and its sections



**Рисунок 10 – Поверхность отклика  $Y_6 = f(X_1; X_2; X_3 = 0,03) \rightarrow \min$  и ее сечения**  
**Figure 10 – Response surface  $Y_6 = f(X_1; X_2; X_3 = 0,03) \rightarrow \min$  and its sections**

**Заключение.** 1. В результате экспериментальных исследований параметров работы прессующе-формующего блока прессы нами построены математические модели, адекватно описывающие процесс получения продукта в прессованном виде.

2. Обоснованы оптимальные значения прессующе-формующего блока прессы как одного из значимого элемента трехблочной структурно-функциональной системы:

угловая скорость ножей – 9,5–9,9 с<sup>-1</sup>;

толщина стенки цилиндрического брикета – 12,0 мм;

длина отверстия матрицы – 30 мм.

3. Показатели качества готового продукта находятся в пределах зоотехнических требований – с влажностью равной 8–10 % и прочностью свыше 95 %. При этом энергоемкость процесса получения формованного углеводно-витаминного продукта составляет 3,64 (Вт·ч)/кг с учетом степени измельчения, которая достигает 8,4.

#### Список источников

1. Dotsenko S. M., Kryuchkova L. G., Burmaga A. V. Development of technology for the production of multicomponent feed supplement // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2020. Vol. 11. No. 6. P. 11A06B. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.102.

2. Доценко С. М., Школьников П. Н., Ковалева Л. А., Школьникова М. А. Обоснование технологических подходов к повышению эффективности системы приготовления кормовых продуктов // АгроЭкоИнфо. 2022. № 2. EDN: CBCCIN.

3. Патент № 2514309/C1 Российская Федерация. Способ приготовления белково-витаминного кормового продукта : № 2018114603 : заявл. 16.10.2012 : опубл. 10.10.2014 / Доценко С. М., Воякин С. Н. Бюл. № 28. 6 с.

4. Galler J. Auswertug von Fufferanalysen // Prakt. Landtechn. 1997. Vol. 45. No. 2. P. 21–22.

5. Бурмага А. В., Винокуров С. А. Технология получения продуктов на основе соево-растительных композиций // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. С. 232–234.

6. Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Влияние основных конструктивно-технологических параметров измельчителя-пастоизготовителя на энергоэффективность приготовления кормов // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 3 (59). С. 72–77. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-72-77.

7. Колесников Д. А., Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Исследования по оптимизации процесса извлечения питательных веществ из кормовых композиций // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Т. 17. № 1. С. 103–110. DOI: 10.22450/19996837\_2023\_1\_103.

8. Колесников Д. А., Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Результаты исследований по обоснованию конструктивно-технологических параметров отжимающе-прессующего узла при получении кормового продукта // *АгроЭкоИнфо*. 2022. № 2. DOI: <https://doi.org/10.51419/202122227>.

9. Патент № 2770859/С2 Российская Федерация. Способ получения пастообразного продукта : № 2020125223 : заявл. 21.07.2020 : опубл. 22.04.2022 / Доценко С. М., Школьников П. Н., Крючкова Л. Г., Чубенко А. В. Бюл. № 12. 7 с.

10. Доценко С. М., Школьников П. Н., Ковалева Л. А., Школьников М. А. Обоснование технологических подходов к получению качественных гранулятов на основе бинарных композиций // *АгроЭкоИнфо*. 2022. № 2. EDN: NNSJZK.

11. Бурмага А. В., Курков Ю. Б., Самуйло В. В., Панова Е. В., Чубенко А. В., Винокуров С. А. Математическая модель оценки качества процесса получения увлажненно-обогащенного зернового сырья // *АгроЭкоИнфо*. 2022. № 4. DOI: <https://doi.org/10.51419/202124413>.

### References

1. Dotsenko S. M., Kryuchkova L. G., Burmaga A. V. Development of technology for the production of multicomponent feed supplement. *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*, 2020; 11; 6: 11A06B. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.102.

2. Dotsenko S. M., Shkol'nikov P. N., Kovaleva L. A., Shkol'nikova M. A. Obosnovanie tekhnologicheskikh podkhodov k povysheniyu effektivnosti sistemy prigotovleniya kormovykh produktov [Substantiation of technological approaches to improve the efficiency of the feed products preparation system]. *AgroEkoInfo*, 2022; 2. EDN: CBCCIN (in Russ.).

3. Dotsenko S. M., Voyakin S. N. Sposob prigotovleniya belkovo-vitaminogo kormovogo produkta [Method for preparing a protein-vitamin feed product]. *Patent RF, no. 2514309/C1 patenton.ru 2014* Retrieved from <https://patenton.ru/patent/RU2530510C2> (Accessed 20 April 2023) (in Russ.).

4. Galler J. Auswertug von Fufferanalysen. *Prakt. Landtechn*, 1997; 45; 2: 21–22.

5. Burmaga A. V., Vinokurov S. A. Tekhnologiya polucheniya produktov na osnove soevo-rastitel'nykh kompozitsii [Technology for obtaining products based on soy-vegetable compositions]. *Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya – International Scientific and Practical Conference*. (PP. 232–234), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017 (in Russ.).

6. Voyakin S. V., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Vliyanie osnovnykh konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov izmel'chitelya-pastoizgotovitelya na energoeffektivnost' prigotovleniya kormov [Influence of basic constructive and technological parameters of the shredder-mix producer on energy efficiency of feed preparation]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2021; 3 (59): 72–77. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-72-77 (in Russ.).

7. Kolesnikov D. A., Voyakin S. N., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Issledovaniya po optimizatsii protsessa izvlecheniya pitatel'nykh veshchestv iz kormovykh kompozitsii [Research on the optimization of the process of extracting nutrients from feed compositions]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2023; 17; 1: 103–110. DOI: 10.22450/19996837\_2023\_1\_103 (in Russ.).

8. Kolesnikov D. A., Voyakin S. N., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Rezul'taty issledovaniya po obosnovaniyu konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov otzhimayushche-pressuyushchego uzla pri poluchenii kormovogo produkta [The results of research on the substantiation of the design and technological parameters of the squeezing-pressing unit when receiving a feed product]. *AgroEkoInfo*, 2022; 2 DOI: <https://doi.org/10.51419/202122227> (in Russ.).

9. Dotsenko S. M., Shkol'nikov P. N., Kryuchkova L. G., Chubenko A. V. Sposob polucheniya pastoobraznogo produkta [Method for obtaining a pasty product]. *Patent RF, no. 2770859/C2 yandex.ru/patents 2022* Retrieved from [https://yandex.ru/patents/doc/RU2770859C2\\_20220422](https://yandex.ru/patents/doc/RU2770859C2_20220422) (Accessed 20 April 2023) (in Russ.).

10. Dotsenko S. M., Shkol'nikov P. N., Kovaleva L. A., Shkol'nikova M. A. Obosnovanie tekhnologicheskikh podkhodov k polucheniyu kachestvennykh granulyatov na osnove binarnykh

kompozitsii [Substantiation of technological approaches to obtaining high-quality granulates based on binary compositions]. *AgroEkoInfo*, 2022; 2. EDN: NNSJZK (in Russ.).

11. Burmaga A. V., Kurkov Yu. B., Samuilo V. V., Panova E. V., Chubenko A. V., Vinokurov S. A. Matematicheskaya model' otsenki kachestva protsessa polucheniya uvlazhnenno-obogashchennogo zernovogo syr'ya [Mathematical model for assessing the quality of the process of obtaining moistened-enriched grain raw materials]. *AgroEkoInfo*, 2022; 4. DOI: <https://doi.org/10.51419/202124413> (in Russ.).

© Бурмага А. В., Чубенко А. В., Самуйло В. В., Курков Ю. Б., Винокуров С. А., 2023

Статья поступила в редакцию 07.08.2023; одобрена после рецензирования 30.08.2023; принята к публикации 07.09.2023.

The article was submitted 07.08.2023; approved after reviewing 30.08.2023; accepted for publication 07.09.2023.

### **Информация об авторах**

**Бурмага Андрей Владимирович**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный государственный аграрный университет, [burmaga@mail.ru](mailto:burmaga@mail.ru);

**Чубенко Александр Викторович**, аспирант, Дальневосточный государственный аграрный университет;

**Самуйло Виктор Вацлавович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов, Дальневосточный государственный аграрный университет;

**Курков Юрий Борисович**, доктор технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности и природообустройства, Дальневосточный государственный аграрный университет;

**Винокуров Сергей Александрович**, преподаватель кафедры бронетанкового вооружения и техники, Дальневосточное высшее общевойсковое командное училище имени Маршала Советского Союза К. К. Рокоссовского, [sergeivinokurov1978@mail.ru](mailto:sergeivinokurov1978@mail.ru)

### **Information about authors**

**Andrei V. Burmaga**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Transport and Energy Facilities and Mechanization of Agriculture, Far Eastern State Agrarian University, [burmaga@mail.ru](mailto:burmaga@mail.ru);

**Aleksandr V. Chubenko**, Postgraduate Student, Far Eastern State Agrarian University;

**Viktor V. Samuilo**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Operation and Repair of Transport and Technological Machines and Complexes, Far Eastern State Agrarian University;

**Yurii B. Kurkov**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technosphere Safety and Environmental Management, Far Eastern State Agrarian University;

**Sergei A. Vinokurov**, Lecturer of the Department of Armored Weapons and Equipment, Far Eastern Higher Combined Arms Command School named after Marshal of the Soviet Union K. K. Rokossovsky, [sergeivinokurov1978@mail.ru](mailto:sergeivinokurov1978@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 631.354.2

EDN DDVYIF

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_88

### Применение отработавших газов для снижения влажности зерна во время уборки

Александр Александрович Крючков<sup>1</sup>, Ирина Александровна Лонцева<sup>2</sup>,  
Алексей Александрович Кислов<sup>3</sup>, Юрий Борисович Курков<sup>4</sup>,  
Екатерина Ивановна Решетник<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [kaa4401\\_bl@mail.ru](mailto:kaa4401_bl@mail.ru), <sup>2</sup> [largoil@mail.ru](mailto:largoil@mail.ru), <sup>3</sup> [alekkislov@mail.ru](mailto:alekkislov@mail.ru), <sup>4</sup> [kurkov1@mail.ru](mailto:kurkov1@mail.ru)

**Аннотация.** В статье проведен краткий анализ технологии уборки зерновых культур. Установлено, что в силу природно-климатических причин и особенностей возделываемых сортов влажность зерна в бункере превышает кондиционную. Это приводит к снижению экономической эффективности процесса уборки. Такое зерно необходимо в кратчайшие сроки подвергнуть дополнительной обработке, направленной на снижение влажности, иначе происходящие в нем сложные биохимические процессы приведут к потере товарных, семенных, посевных качеств. Использование сушилок различного типа в составе зерноочистительно-сушильных комплексов не всегда способно обеспечить оперативное снижение влажности зерна, в силу этого неизбежны большие потери. В этой связи предложена схема зерноуборочного комбайна, в которой тепло, отводимое от двигателя внутреннего сгорания, используется на нагрев зерна, движущегося по зерновому элеватору. Приведена подробная схема движения отработавших газов с учетом допустимых температур и времени воздействия на поток зерна. После нагрева зерно теряет часть влаги, что улучшает его качества. Определена удельная теплоемкость, позволяющая установить необходимое количество теплоты для снижения влажности зерна на один процент. Также определены показатели усушки и изменения массы зерна после его нагрева.

**Ключевые слова:** влажность зерна, зерноуборочный комбайн, двигатель внутреннего сгорания, предварительная сушка, схема движения газов

**Для цитирования:** Крючков А. А., Лонцева И. А., Кислов А. А., Курков Ю. Б., Решетник Е. И. Применение отработавших газов для снижения влажности зерна во время уборки // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 88–96. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_88.

Original article

### The use of exhaust gases to reduce grain moisture during harvesting

Aleksandr A. Kryuchkov<sup>1</sup>, Irina A. Lontseva<sup>2</sup>,  
Aleksey A. Kislov<sup>3</sup>, Yurii B. Kurkov<sup>4</sup>, Ekaterina I. Reshetnik<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [kaa4401\\_bl@mail.ru](mailto:kaa4401_bl@mail.ru), <sup>2</sup> [largoil@mail.ru](mailto:largoil@mail.ru), <sup>3</sup> [alekkislov@mail.ru](mailto:alekkislov@mail.ru), <sup>4</sup> [kurkov1@mail.ru](mailto:kurkov1@mail.ru)

**Abstract.** The article provides a brief analysis of the technology for harvesting grain crops. It has been established that, due to natural and climatic reasons and the characteristics of the cultivated varieties, the moisture content of the grain in the bunker exceeds the standard level. This leads to a decrease in the economic efficiency of the process harvesting. Such grain must be subjected to additional processing as soon as possible, aimed at reducing moisture; otherwise the complex biochemical processes occurring in it will lead to the loss of marketable, seed and sowing qualities. The use of dryers of various types as part of grain cleaning and drying complexes is not always



able to ensure a rapid reduction in grain moisture content; therefore, large losses are inevitable. In this regard, a scheme for a grain harvester has been proposed, in which the heat removed from the internal combustion engine is used to heat the grain moving through the grain elevator. A detailed diagram of the movement of exhaust gases is given, taking into account permissible temperatures and time of exposure to the grain flow. After heating, the grain loses some of its moisture, which improves its quality. The specific heat capacity has been determined, which makes it possible to determine the required amount of heat to reduce grain moisture by one percent. Indicators of shrinkage and changes in grain mass after heating have also been established.

**Keywords:** grain moisture, grain harvester, internal combustion engine, pre-drying, gas movement pattern

**For citation:** Kryuchkov A. A., Lontseva I. A., Kislov A. A., Kurkov Yu. B., Reshetnik E. I. Primenenie otrabotavshikh gazov dlya snizheniya vlazhnosti zerna vo vremya uborki [The use of exhaust gases to reduce grain moisture during harvesting]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2023; 17; 3: 88–96. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_88.

**Введение.** Технология снижения влажности зерна – самый важный и в то же время затратный этап подготовки зерна, направленный на сохранение свойств, минимизацию травмирования и обеспечение его высокого качества.

По агротехническим требованиям, согласно ГОСТ 27186–86 «Зерно заготовляемое и поставляемое. Термины и определения», кондиционная влажность зерна таких культур как ячмень, пшеница, овес должна составлять 13–14 %, а уборку можно начинать при влажности 16–18 %. Это значит, что для хранения и дальнейшей переработки зерна необходимо снизить его влажность.

Для осуществления сушки в Амурской области используются сушилки шахтного типа СЗШ, производительностью 20–40 тонн в час, в основном работающие на твердом топливе (угле). Но, зачастую, производительности зерносушильных комплексов недостаточно, чтобы все зерно, убранное за смену группой комбайнов, отправить на доработку. Во влажном зерне происходят биологические процессы дыхания, выделения тепла, прорастания, развития микрофлоры, что приводит к потере его качеств [1–3].

В двигателях внутреннего сгорания (ДВС), установленных на самоходных зерноуборочных комбайнах, большая часть тепла, образуемая в результате сгорания горючей смеси, уходит в атмосферу, не выполнив полезной работы. Предлагаем использовать часть образуемого в результате работы ДВС тепла и направить его на снижение влажности зерна непо-

средственно в комбайне при выполнении технологического процесса [4, 5].

**Цель исследований** – предложить схему отвода разогретых газов от двигателя внутреннего сгорания к частям комбайна, по которым происходит движение зерна, для предварительной сушки зерновых культур во время уборки.

**Материалы и методы исследований.** Для большинства почв Амурской области характерно длительное переувлажнение, обусловленное избыточным количеством осадков летом, продолжительной сезонной мерзлотой, тяжелым механическим составом почв и их водно-физическими свойствами [6, 7].

В условиях большой влажности зерновые колосовые культуры, как правило, созревают неравномерно. Способы и средства уборки традиционны и не отличаются от применяемых в других регионах страны. Для уборки используются самоходные зерноуборочные комбайны, выполняющие срез-подбор, обмолот, сепарацию и накопление зерна в бункере.

Зерно повышенной влажности труднее вымолачивается. В этом случае для более качественного обмолота и сепарации рекомендуется использовать зерноуборочные комбайны роторного типа или с комбинированной системой.

Зерноуборочные комбайны роторного типа имеют высокую стоимость, что останавливает сельхозтоваропроизводителей при выборе таких моделей.

Комбайны с комбинированной системой устроены следующим образом: для обмолота зерна используется класси-

ческая система обмолота с молотильным барабаном, а для отделения оставшегося зерна из соломы – роторная часть.

Урожайность зерновых культур в Амурской области равна 1,5–3,0 т/га. Такой показатель является средним. При этом влажность зерна достигает более 15,5 %, что позволяет считать такое зерно влажным [8, 9], и для его хранения необходимы мероприятия по снижению влажности.

Для обеспечения оптимальной работы с максимальной экономической эффективностью целесообразно применять зерноуборочные комбайны с пропускной способностью 5–6 кг/с и шириной захвата жатки 6–7 м, а для качественного обмолота влажной массы – комбинированную молотильно-сепарирующую систему. Наиболее эффективным для данных условий является зерноуборочный комбайн Claas Dominator 370, поставляемый в Амурскую область из КНР. Установка дополнительного оборудования для снижения влажности поступающего в бункер зерна позволит использовать комбайн с максимальной эффективностью [10].

При обработке зерна с целью снижения его влажности происходит процесс испарения влаги, выделяющейся из зерна, и, соответственно, оно теряет в весе. Для этого необходимо определенное количество теплоты.

При выборе параметров температуры и напора воздуха следует учитывать удельную теплоемкость зерна. Этот показатель характеризуется количеством теплоты, необходимой для нагревания одного килограмма зерна на один градус Цельсия.

Удельная теплоемкость зерна определяется выражением (1) [4]:

$$C = C_{\text{сух}} \cdot \frac{100 - W}{100} + C_{\text{вл}} \cdot \frac{W}{100} \quad (1)$$

где  $C_{\text{сух}}$ ,  $C_{\text{вл}}$  – удельные теплоемкости соответственно абсолютно сухого вещества зерна и воды, кДж/(кг·К);

$W$  – влажность зерна, %.

Процентное отношение снижения массы зерна ( $X$ ) определяется выражением (2):

$$X = \frac{100 \cdot (W_1 - W_2)}{100 - W_2} \quad (2)$$

где  $W_1$ ,  $W_2$  – исходная и конечная влажность зерна, %.

Заполнение бункера заданного объема происходит с учетом объемной массы зерна ( $\gamma$ ), которая зависит от влажности. Чем меньше влажность зерна, тем больше объемная масса.

Значение массы зерна после предварительного снижения влажности составит:

$$M_2 = M_1 - \frac{M_1 \cdot X}{100} \quad (3)$$

где  $M_1$ ,  $M_2$  – масса зерна исходная и после прохождения через агент сушки.

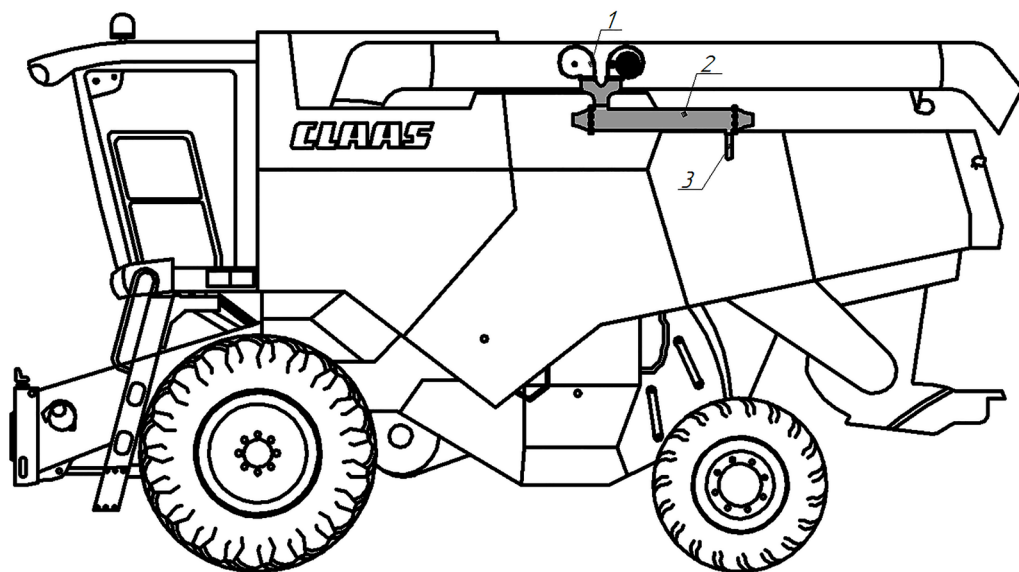
**Результаты исследований и их обсуждение.** Двигатель внутреннего сгорания расположен в верхней задней части комбайна. Предлагаем тепловую энергию отработавших газов ДВС в виде потока воздуха направить на зерновой шнек и зерновой транспортер (рис. 1).

В качестве сушильного агента используется воздух, подогретый отработанными газами двигателя зерноуборочного комбайна в кожухотрубном теплообменнике. Теплообменник представляет 84 трубы с диаметром 10 мм, через поверхность которых происходит теплообмен. Также в его конструкции находятся 9 перегородок, позволяющих задержать подогреваемый воздух в теплообменнике путем увеличения времени контакта вследствие сложности маршрута.

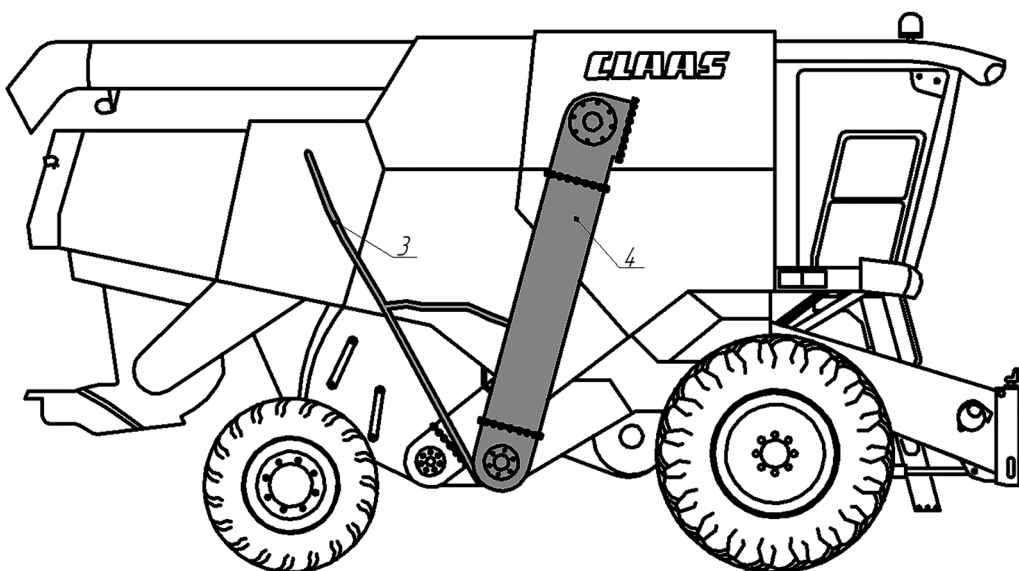
Поток воздуха в теплообменник создают два радиальных вентилятора с высокой производительностью, малым объемом (по 0,08 м<sup>3</sup> каждый), низким уровнем шума (табл. 1).

Воздух всасывается в ротор через воздуховод, раскручивается центробежной силой, поддерживаемой лопатками специальной формы. Далее раскрученный поток воздуха перпендикулярно входящему потоку выходит наружу.

В конструкции технологической линии (рис. 2) присутствует механическая заслонка, позволяющая закрывать (откры-



а)



б)

а) вид слева; б) вид справа

1 – радиальный вентилятор; 2 – трубчатый теплообменник;  
3 – воздуховод, 4 – зерновой элеватор

**Рисунок 1 – Схема модернизированного комбайна с подачей нагретого воздуха к зерновому транспортеру**

**Figure 1 – Diagram of a modernized combine with heated air supplied to the grain conveyor**

вать) подачу выхлопных газов в теплообменник. Это устройство позволяет увеличить ресурс труб теплообменника, так как со временем, в результате воздействия высоких температур, трубки могут выгореть и тем самым нарушить герметичность. Прорыв выхлопных газов в систему под-

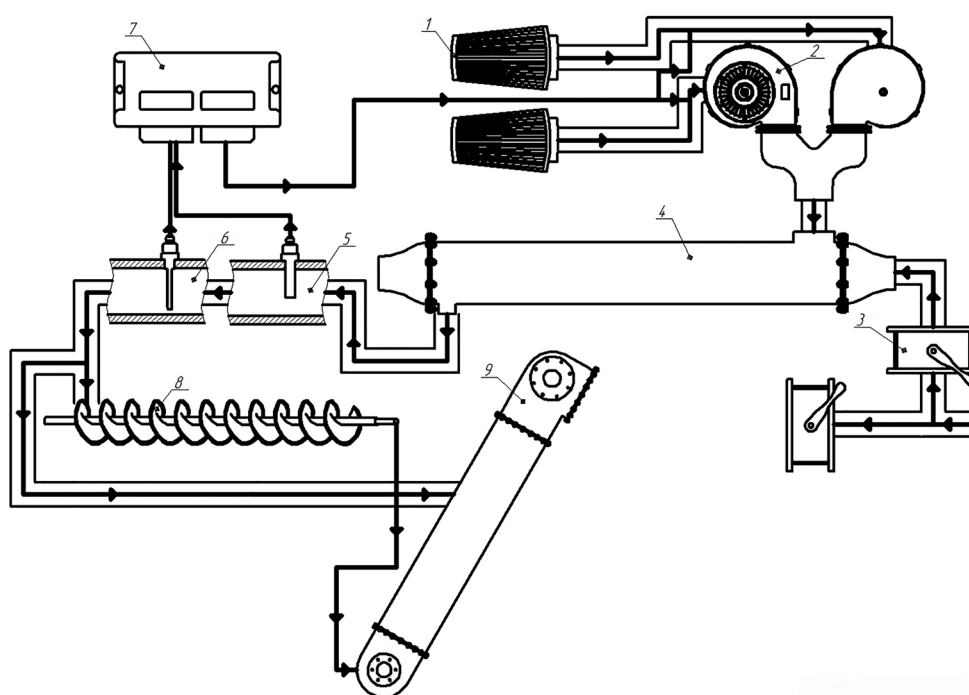
сушивания зерна ухудшит его посевные и продовольственные свойства.

Сушильный агент от теплообменника поступает в тепловой трубопровод (транспортную линию), где происходят основные тепловые потери. Во избежание потерь необходим теплоизоляционный мате-

Таблица 1 – Основные характеристики вентилятора

Table 1 – Main characteristics of the fan

Характеристики	Значение
Конструкция	радиальный
Вес, кг	2
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	650
Питание, В	24
Степень защиты	IP 68 (изолирован от пыли)
Сила тока, А	7,5



1 – фильтр нулевого сопротивления; 2 – радиальный вентилятор; 3 – механическая заслонка; 4 – трубчатый теплообменник; 5 – датчик прорыва выхлопных газов; 6 – датчик температуры сушильного агента; 7 – электронный блок управления; 8 – зерновой шнек, 9 – зерновой элеватор

Рисунок 2 – Схема движения отработавших газов

Figure 2 – Exhaust gas flow diagram

риал (например, фольгированный базальтовый картон). Этот материал обладает рядом положительных качеств, способствующих обеспечению наибольшей эффективности процесса.

В трубопроводе размещены датчики (рис. 2): термодатчик (6) считывает температуру сушильного агента, позволяя регулировать ее путем изменения подачи воздуха в теплообменник и уменьшая время контакта подогреваемого воздуха; датчик

прорыва газов (5), который в случае прогорания труб или швов теплообменника оповещает механизатора о необходимости прекратить технологический процесс.

На конечном этапе тепловой агент попадает к месту сушки (зерновой шнек и зерновой элеватор комбайна); сушильный агент движется навстречу потоку зерновой массы. Сушильный агент, проходя через слой зерна и забирая влагу, выходит в окружающую среду. Температура су-

шильного агента равна около 120 °С в зависимости от убираемой культуры, потока зерновой массы и исходной влажности. Продолжительность нахождения зерна под действием такой температуры с учетом движения по зерновому шнеку и элеватору составляет около 10 секунд. Этого времени достаточно, чтобы температура зерна составила 40–60 °С. В процессе движения зерновая масса перемешивается, происходит перераспределение тепла между соседними семенами.

Предлагаемое решение позволит снизить влажность зерна на 1–2 % в зависимости от исходной.

В таблице 2 представлены основные показатели влажности зерна во время уборки и количество теплоты, которое необходимо для увеличения температуры одного килограмма зерна на один градус Цельсия. Данные показатели рассчитаны нами с использованием выражения (1).

Из полученных значений видно, что количество теплоты, необходимое для нагрева, незначительно коррелирует с показателем влажности убираемого зерна и составляет 2 кДж/(кг·К).

При снижении влажности зерна на один процент коэффициент усушки в среднем составляет 1,1–1,3 (выражение

(2)), что позволяет использовать объем бункера зерноуборочного комбайна более эффективно.

На единицу исходной массы зерна ( $M_1=1$ ) показатель массы зерна после прохождения через сушильный агент составит ( $M_2=0,97-0,99$ ), что существенно скажется на экономии последующих затрат при проведении процессов на стационарном оборудовании.

**Заключение.** В ходе анализа предлагаемого технического решения для зерноуборочного комбайна установлено, что снижение влажности зерна в комбайне на 1–2 % позволит:

- 1) увеличить коэффициент полезного действия двигателя внутреннего сгорания;
- 2) улучшить качество и скорость разгрузки комбайна за счет улучшения сыпучести подсушенной массы;
- 3) уменьшить затраты топлива на транспортировку за счет снижения показателя массы подсушенного зерна;
- 4) улучшить сохранность вороха до начала работы с ним на зерноочистительно-сушильном оборудовании;
- 5) снизить затраты на послеуборочную обработку зерновой массы.

Таблица 2 – Показатели влажности и удельной теплоемкости

Table 2 – Indicators of moisture and specific heat capacity

Влажность зерна, %	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·с)
15	1,9460
16	1,9724
17	1,9988
18	2,0252
19	2,0516
20	2,0780

**Список источников**

1. Ряднов А. И., Зверев В. Г. Сушка зерна при уборке // Сельский механизатор. 2014. № 9. С. 7.
2. Волхонов М. С., Зимин И. Б., Седов И. Г., Смирнов Д. А. Инновационная технология приема и временного хранения высоковлажного и засоренного зернового вороха на базе установок активного вентилирования // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3 (40). С. 29–38. DOI: 10.56323/23088583\_2022\_03\_29.

3. Рахманов Э. К., Бердимуратов Х. Т. Расчет снижения массы при сушке зерна при высокой влажности // *Universum: технические науки*. 2023. № 3–3 (108). С. 30–32.
4. Крючков А. А., Кислов А. А. Способ сушки зерна в комбайне путем продувания теплым воздухом, полученным из энергии выхлопных (отработанных) газов // *Актуальные вопросы энергетики в АПК : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022*. С. 150–155. DOI: 10.22450/9785964205777\_150.
5. Бирюков А. Л., Гайдидей С. В., Зефирова И. В., Кузнецова Н. И. Использование теплоты двигателя комбайна для сушки зерна при прямом комбайнировании // *АгроЗооТехника*. 2020. Т. 3. № 2. С. 3. DOI: 10.15838/alt.2020.3.2.3.
6. Бумбар И. В., Тихончук П. В., Мазур В. В., Кувшинов А. А. К оценке агротехнических сроков посева и уборки основных сельскохозяйственных культур в Амурской области // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2020. № 3 (55). С. 18–25. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13029.
7. Lontseva I., Sennikov V. Improving the efficiency of combine harvesters // *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021)*. Springer, Cham, 2022, Vol. 353. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-91402-8\\_47](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91402-8_47).
8. Каримов В. Д., Лепихин К. О. Технология сушки зерна в зерносушилках // *Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения : материалы LIV студен. науч.-практ. конф. Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020*. С. 285–290.
9. Khamtay Vongxaaya, Darunee Jothityangkoon, Danuphol Ketthaisong, Jaquie Mitchell, Phetmanyseng Xangsayyasane, Shu Fukai. Effects of introduction of combine harvester and flatbed dryer on milling quality of three glutinous rice varieties in Lao PDR // *Plant Production Science*. 2019. Vol. 22. No. 1 P. 77–87. DOI: 10.1080/1343943X.2018.1532303.
10. Николаев В. А., Кряклина И. В., Шешунова Е. В. Контактная сушка зерна в зерноуборочном комбайне // *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2020. № 4 (33). С. 73–77. DOI: 10.35523/2307-5872-2020-33-4-73-77.

## References

1. Ryadnov A. I., Zverev V. G. Sushka zerna pri uborke [Grain drying during harvesting]. *Sel'skii mekhanizator. – Rural Mechanic*, 2014; 9: 7 (in Russ.).
2. Volkhonov M. S., Zimin I. B., Sedov I. G., Smirnov D. A. Innovatsionnaya tekhnologiya priema i vremennogo khraneniya vysokovlazhnogo i zasorennogo zernovogo vorokha na baze ustanovok aktivnogo ventilirovaniya [Innovative technology for receiving and temporary storage of high-moisture and clogged grain heaps based on active ventilation units]. *Izvestiya Velikolukskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. – Proceedings of the Velikiye Luki State Agricultural Academy*, 2022; 3 (40): 29–38. DOI: 10.56323/23088583\_2022\_03\_29 (in Russ.).
3. Rakhmanov E. K., Berdimuradov Kh. T. Raschet snizheniya massy pri sushke zerna pri vysokoi vlazhnosti [Calculation of weight reduction when grain drying at high humidity]. *Universum: tekhnicheskie nauki. – Universum: Technical Sciences*, 2023; 3–3 (108): 30–32 (in Russ.).
4. Kryuchkov A. A., Kislov A. A. Sposob sushki zerna v kombaine putem prodvaniya teplym vozdukhom, poluchennym iz energii vykhlopnykh (otrabotannykh) gazov [A method of grain drying in a combine by blowing with warm air obtained from the energy of exhaust (waste) gases]. *Proceedings from Current issues of energy in the agro-industrial complex: Vserossiiskaya (natsional'naya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya – All-Russian (National) Scientific and*

*Practical Conference*. (PP. 150–155), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2022. DOI: 10.22450/9785964205777\_150 (in Russ.).

5. Biryukov A. L., Gaididei S. V., Zefirov I. V., Kuznetsova N. I. Ispol'zovanie teploty dvigatelya kombaina dlya sushki zerna pri pryamom kombainirovanii [The use of the heat of a combine engine to dry grain during direct combining]. *AgroZooTekhnika. – Agrozootechnics*, 2020; 3; 2: 3. DOI: 10.15838/alt.2020.3.2.3 (in Russ.).

6. Bumber I. V., Tikhonchuk P. V., Mazur V. V., Kuvshinov A. A. K otsenke agrotekhnicheskikh srokov poseva i uborki osnovnykh sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Amurskoi oblasti [To the evaluation of the agrotechnical timing of sowing and harvesting of main agricultural crops in the Amur region]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2020; 3 (55): 18–25. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-13029 (in Russ.).

7. Lontseva I., Sennikov V. Improving the efficiency of combine harvesters. Proceedings from Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021). Springer, Cham, 2022; 353. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-91402-8\\_47](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91402-8_47).

8. Karimov V. D., Lepikhin K. O. Tekhnologiya sushki zerna v zernosushilkakh [Technology of grain drying in grain dryers]. Proceedings from Topical issues of science and economy: new challenges and solutions: *LIV Studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya – LIV Student Scientific and Practical Conference*. (PP. 285–290), Tyumen', Gosudarstvennyi agrarnyi universitet Severnogo Zaural'ya, 2020 (in Russ.).

9. Khamtay Vongxayya, Darunee Jothityangkoon, Danuphol Ketthaisong, Jaquie Mitchell, Phetmanyseng Xangsayyasane, Shu Fukai. Effects of introduction of combine harvester and flatbed dryer on milling quality of three glutinous rice varieties in Lao PDR. *Plant Production Science*, 2019; 22; 1: 77–87. DOI: 10.1080/1343943X.2018.1532303.

10. Nikolaev V. A., Kryaklina I. V., Sheshunova E. V. Kontaktnaya sushka zerna v zernouborochnom kombaine [Contact drying of grain in a combine harvester]. *Agrarnyi vestnik Verkhnevolzh'ya. – Agrarian Bulletin of the Upper Volga region*, 2020; 4 (33): 73–77. DOI: 10.35523/2307-5872-2020-33-4-73-77 (in Russ.).

© Крючков А. А., Лонцева И. А., Кислов А. А., Курков Ю. Б., Решетник Е. А., 2023

Статья поступила в редакцию 30.08.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; принята к публикации 13.09.2023.

The article was submitted 30.08.2023; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 13.09.2023.

**Информация об авторах**

**Крючков Александр Александрович**, студент магистратуры, Дальневосточный государственный аграрный университет, [kaa4401\\_bl@mail.ru](mailto:kaa4401_bl@mail.ru);

**Лонцева Ирина Александровна**, кандидат технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, ORCID: 0000-0001-9326-3317, Author ID: 552398, [largoil@mail.ru](mailto:largoil@mail.ru);

**Кислов Алексей Александрович**, кандидат технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, Author ID: 952434, [alekkislov@mail.ru](mailto:alekkislov@mail.ru);

**Курков Юрий Борисович**, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, Author ID: 362071, [kurkov1@mail.ru](mailto:kurkov1@mail.ru);

**Решетник Екатерина Ивановна**, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, Author ID: 690318

**Information about authors**

**Aleksandr A. Kryuchkov**, Master's Degree Student, Far Eastern State Agrarian University, [kaa4401\\_bl@mail.ru](mailto:kaa4401_bl@mail.ru);

**Irina A. Lontseva**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, ORCID: 0000-0001-9326-3317, Author ID: 552398, [largoil@mail.ru](mailto:largoil@mail.ru);

**Aleksey A. Kislov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, Author ID: 952434, [alekkislov@mail.ru](mailto:alekkislov@mail.ru);

**Yurii B. Kurkov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, Author ID: 362071, [kurkov1@mail.ru](mailto:kurkov1@mail.ru);

**Ekaterina I. Reshetnik**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, Author ID: 690318

**Вклад авторов:**

**Крючков А. А.** – идея; сбор материала; обработка материала;

**Лонцева И. А.** – обработка материала; написание статьи;

**Кислов А. А., Курков Ю. Б., Решетник Е. И.** – написание статьи

**Contribution of the authors:**

**Kryuchkov A. A.** – idea; material collection; material processing;

**Lontseva I. A.** – material processing; writing an article;

**Kislov A. A., Kurkov Yu. B., Reshetnik E. I.** – writing an article

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**



Научная статья

УДК 663.67

EDN EICSME

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_97

### Разработка мороженого, обогащенного биологически активным пептидом с противовирусными свойствами

Наталья Вадимовна Мерзлякова<sup>1</sup>, Сергей Леонидович Тихонов<sup>2</sup>,  
Наталья Валерьевна Тихонова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Уральский государственный экономический университет  
Свердловская область, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева  
Москва, Россия

<sup>3</sup> Уральский государственный аграрный университет  
Свердловская область, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> [tihonov75@bk.ru](mailto:tihonov75@bk.ru)

**Аннотация.** Из пепсинового гидролизата молозива коров выделен короткий пептид с молекулярной массой 0,9 кДа, состоящий из 8 аминокислот со следующей последовательностью: лейцин, аргинин, глутаминовая кислота, глицин, изолейцин, лизин, аспарагин, лизин. Согласно базе данных Protein NCBI, полученный пептид неизвестен и биологическое действие его не исследовано. Сделано предположение, что пептид обладает противовирусными свойствами. Для исследований использовали синтезированный пептид – аналог природному. В результате установлено, что синтезированный пептид обладает выраженными противовирусными свойствами в дозе 390 мкг/мл среды. Количество трансдуцированных лентивирусных частиц в геном клетки и проникновение вируса через мембрану клетки в присутствии пептида сократилось на 53,6 и 58,4 % соответственно. Разработано мороженое «Пломбир ванильный 15 %», обогащенное пептидом с противовирусными свойствами. Полученное мороженое соответствовало требованиям ГОСТ 31457–2012 «Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия».

**Ключевые слова:** мороженое, биологически активные пептиды, молозиво коров, синтез пептидов, противовирусные свойства, аминокислотная последовательность

**Для цитирования:** Мерзлякова Н. В., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В. Разработка мороженого, обогащенного биологически активным пептидом с противовирусными свойствами // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 97–104. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_97.

Original article

### Development of ice cream enriched with biologically active peptide with antiviral properties

Nataliya V. Merzlyakova<sup>1</sup>, Sergey L. Tikhonov<sup>2</sup>,  
Natalya V. Tikhonova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ural State University of Economics, Sverdlovsk region, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy  
named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Ural State Agrarian University, Sverdlovsk region, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> [tihonov75@bk.ru](mailto:tihonov75@bk.ru)

**Abstract.** A short peptide with a molecular weight of 0.9 kDa was isolated from the pepsin hydrolysate of cow colostrum, consisting of 8 amino acids with the following sequence: leucine,

arginine, glutamic acid, glycine, isoleucine, lysine, asparagine, lysine. According to the Protein NCBI database, the resulting peptide is unknown and its biological effect has not been investigated. It is assumed that the peptide has antiviral properties. A synthesized peptide analog of the natural one was used for the studies. As a result of the studies, it was found that the synthesized peptide has pronounced antiviral properties at a dose of 390 mcg/ml of medium. The number of transmitted lentiviral particles into the cell genome and the penetration of the virus through the cell membrane in the presence of the peptide decreased by 53.6 and 58.4 %. The ice cream "Vanilla ice cream 15 %" enriched with a peptide with antiviral properties was developed. The resulting ice cream met the requirements of GOST 31457–2012 "Milk ice cream, cream".

**Keywords:** ice cream, biologically active peptides, cow colostrum, peptide synthesis, antiviral properties, amino acid sequence

**For citation:** Merzlyakova N. V., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V. Razrabotka morozhenogo, obogashchennogo biologicheskimi aktivnymi peptidom s protivovirusnymi svoystvami [Development of ice cream enriched with biologically active peptide with antiviral properties]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2023; 17; 3: 97–104. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_97.

**Введение.** Для удовлетворения потребностей населения в микронутриентах периодически расширяется ассортимент функциональных продуктов питания [1–3]. Результатами научных исследований подтверждено, что употребление молочных продуктов благоприятно влияет на здоровье человека [4].

Мороженое – продукт, широко известный и потребляемый всеми возрастными группами населения по всему миру. Растущие опасения диетологов по поводу воздействия на здоровье привели к росту интереса к мороженому, изготовленному с включением полезных ингредиентов, включая пребиотики, пробиотические бактерии и другие биологически активные вещества. Но вместе с тем, на потребительском рынке редко встречается мороженое, обогащенное функциональными ингредиентами [5].

В качестве функциональных ингредиентов, используемых для обогащения мороженого, можно рассматривать биологически активные пептиды с противовирусной и антимикробной активностью, полученные из молочных белков [6, 7].

**Целью исследований** является разработка мороженого, обогащенного синтезированным биологически активным пептидом (аналог нативного, выделенного из молозива коров) с антимикробными и противовирусными свойствами.

**Методы исследований.** В качестве объекта исследований использовали синтезированный аналог пептида, выделенно-

го из пепсинового гидролизата молозива коров.

Пептид идентифицировали на масс-спектрометре МАЛДИ-ТОФ. Расшифровку проводили с помощью базы данных Mascot, опция Peptide Fingerprint («Matrix Science», США) с использованием базы данных Protein NCBI.

Score (величину достоверности для каждого совпадения) пептида рассчитывали по формуле (1):

$$\text{Score} = \frac{50000}{M_{\text{prot}} \cdot P_{\text{nm}} \quad (1)$$

где  $M_{\text{prot}}$  – молекулярная масса для каждого совпавшего белка;

$P_{\text{nm}}$  – произведение, которое рассчитывается из Mowse-матрицы весов  $M$  для каждого совпадения экспериментальных данных и масс пептидов, рассчитанных из записей в геномной базе данных Protein NCBI.

Получение пептида (аналога природному) проводили в компании Perpic Co., Ltd (Сучжоу, Китай) стандартным твердофазным пептидным синтезом Fmoc (SPPS) с последующей очисткой методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, выполняемой на хроматографической колонке SHIMADZU Inertsil ODS-SP (4,6 × 250 мм × 5 мкм).

Подтверждение чистоты и первичной структуры пептида выполняли с по-

мощью масс-спектрометрии на MALDI и ESI.

Для изучения воздействия пептида на интеграцию в геном и проникновение в мембрану лентивирусных частиц в качестве модельного объекта использовали клеточные линии С6 (ATCC CCL-107™), чей пассаж не превышал 15 на время проведения экспериментальных работ, а также НЕК 293Т (ATCC CRL-3216™), чей пассаж не превышал 20 на время проведения экспериментальных работ.

Для культивирования использовали среду DMEM (Gibco, США), к которой добавляли до конечного объема 10 % Fetal Bovine Serum (FBS) (Capricorn, США), 1 % Sodium Pyruvate (Gibco, США), 1 % GlutaMAX (Gibco, США), 1 % Penicillin/Streptomycin (Gibco, США).

Клетки хранили в CO<sub>2</sub>-инкубаторе при условии: CO<sub>2</sub> – 5 %, влажность – 95 %. За две недели до начала проведения эксперимента клетки проверяли на наличие микоплазмы набором MycoReport (Евроген, Россия).

Экспериментальные образцы мороженого получали в соответствии с требованиями ГОСТ 31457-2012 «Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия» в ООО «Хладокомбинат № 3» (г. Екатеринбург).

Статистический анализ проводился с использованием программного обеспечения OriginPro 9.0 (Originlab Corporation, США). Данные представлены в виде сред-

него значения (плюс (минус) стандартная ошибка среднего значения). Статистическая значимость различий в полученных данных оценивалась с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни (U).

**Результаты исследований и их об- суждение.** В результате исследований из пепсинового гидролизата молозива коров выделен пептид, характеристика которого представлена в таблице 1.

Выделенный из молозива коров пептид состоит из восьми аминокислот со следующей последовательностью в пептидной цепи:

- лейцин (лей, L);
- аргинин (арг, R);
- глутаминовая кислота (глу, E);
- глицин (гли, G);
- изолейцин (иле, I);
- лизин (лиз, K);
- аспарагин (асн, N);
- лизин (лиз, K).

Согласно базе данных Protein NCBI, полученный пептид неизвестен и, соответственно, биологическое действие его не исследовано. Нами дано условное название пептиду – RR1.

Согласно исследованиям [8], проведенным *in vitro*, природный пептид RR1 обладает выраженными противоопухолевыми свойствами. Согласно данным, представленным в работе [9], некоторые

**Таблица 1 – Характеристика пептида, выделенного из пепсинового гидролизата молозива коров**

**Table 1 – Characteristics of the peptide isolated from pepsin hydrolysis of bovine colostrum**

Аминокислотная последовательность (количество аминокислот)	Подобный пептид по базе данных Protein NCBI	Score (оптимальный Score = 80)	Биологическое действие	Молекулярная масса, Да
LREGIKNK (8)	подобный пептид не найден, так как уровень покрытия с известными пептидами низкий	76	ранее не исследовано	956

противоопухолевые пептиды могут обладать противовирусными свойствами.

Так как получение природного пептида сопряжено с определенными трудностями: стабильные качественные характеристики сырья – молозива коров (химический состав); поддержание соответствующих технологических параметров ферментативного гидролиза (температура, кислотность, продолжительность) и др., для исследования противовирусных свойств и последующего обогащения мороженого был получен синтезированный пептид – аналог природного с условным названием RR1c.

В таблице 2 представлена информация о процессе синтеза пептида RR1c.

На рисунке 1 представлена хроматограмма пептида RR1c.

В таблице 3 представлены пиковые значения хроматограммы пептида RR1c (детектор A Chi1/220 нм).

На рисунке 2 представлен масс-спектр пептида RR1c.

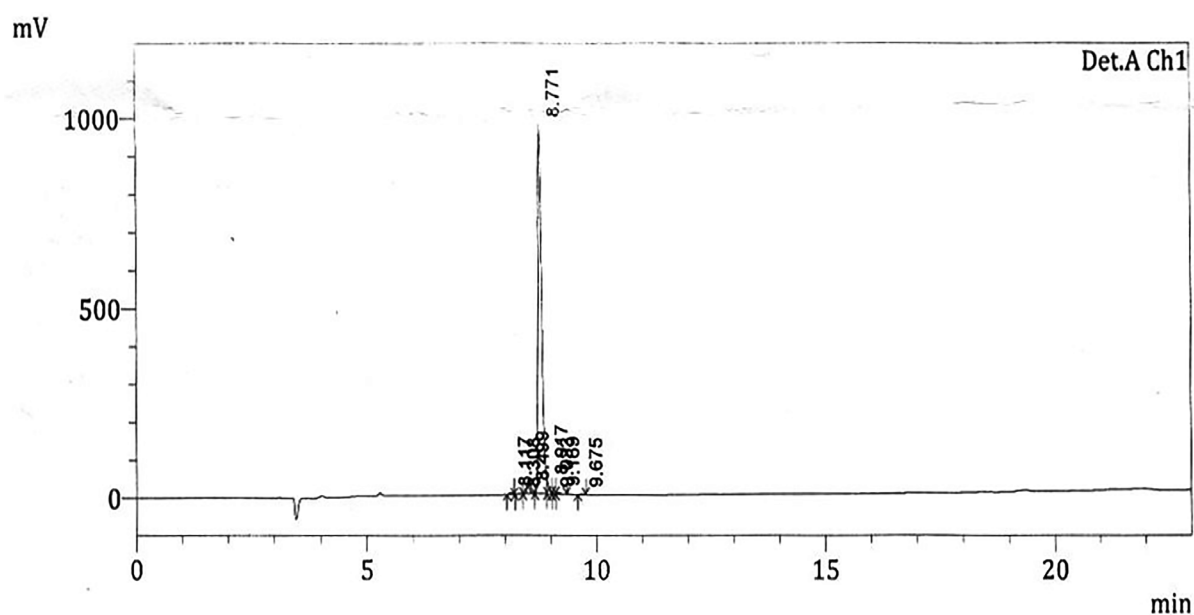
В таблице 4 представлена теоретическая и фактическая молекулярная масса пептида RR1c.

В результате исследований установлено, что синтезированный пептид RR1c

**Таблица 2 – Информация о процессе синтеза пептида RR1c**

**Table 2 – Information on the process of synthesis of the RR1c peptide**

Наименование пептида	RR1c
Последовательность	LREGIKNK
Серия	PCM 15633-2-1224
Насос А	0,1 % трифторуксусной кислоты в 100 % воды
Насос В	0,1 % трифторуксусной кислоты в 100 % ацетонитрила
Общий поток	1 мл/мин
Длина волны	220 нм
Тип аналитической колонки	SHIMADZU Inertsil ODS-SP (4,6 × 250 мм × 5 мкм)
Способ растворения	100 % H <sub>2</sub> O
Объем впрыска	20 мкл

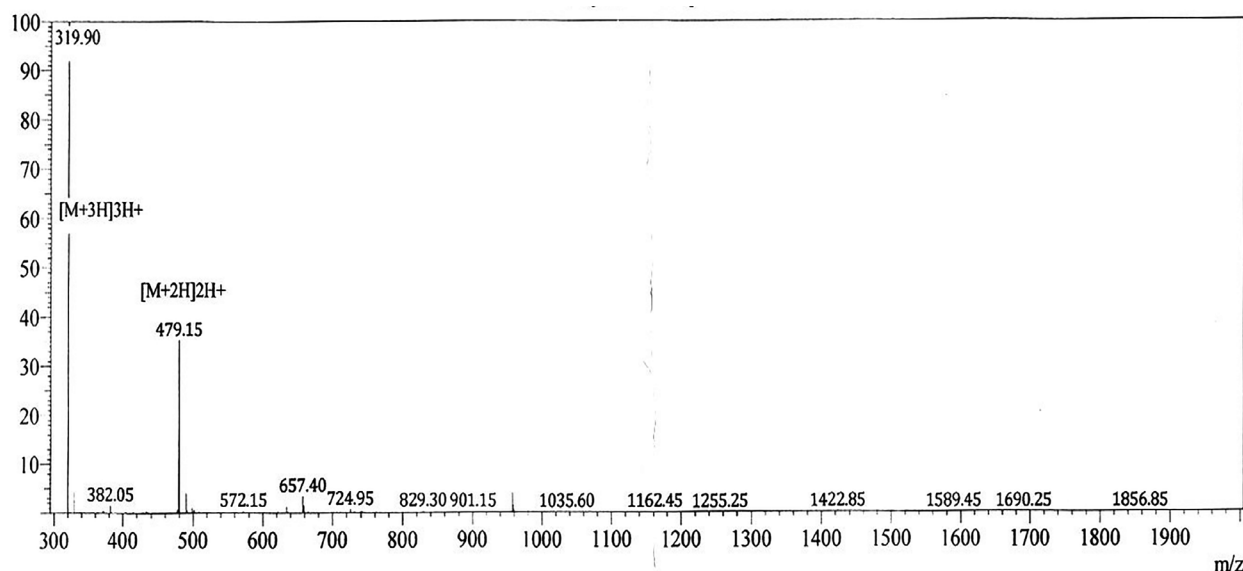


**Рисунок 1 – Хроматограмма пептида RR1c**

**Figure 1 – Chromatogram of the RR1c peptide**

**Таблица 3 – Величины пиков хроматограммы пептида RR1c (детектор А Chi1/220 нм)**  
**Table 3 – RR1c Peptide Chromatogram Peak Values (detector A Chi1/220 nm)**

Номер пика	Текущее время, с	Площадь, %	Высота, %
1	8,117	0,440	0,555
2	8,308	0,252	0,251
3	8,499	1,727	1,836
4	8,771	95,194	93,018
5	8,917	1,527	3,376
6	9,033	0,139	0,224
7	9,169	0,421	0,424
8	9,675	0,299	0,316
Итого	–	100,000	100,000



**Рисунок 2 – Масс-спектр пептида RR1c**  
**Figure 2 – Mass spectrum of the RR1c peptide**

**Таблица 4 – Теоретическая и фактическая молекулярная масса пептида RR1c**  
**Table 4 – Theoretical and actual molecular weight of the RR1c peptide**

Образец	RR1c
Последовательность	LREGIKNK
Номер	PCM15633-1-1224
Теоретическая молекулярная масса, Да	957,14
Фактическая молекулярная масса, Да	956,70

обладает выраженными противовирусными свойствами в дозе 390 мкг/мл среды. Так, количество трансдуцированных лентивирусных частиц в геном клетки, определяемых по наличию в них экспрессии зеленого флуоресцентного белка (*Green fluorescent protein* – GFP), и проникновение вируса через мембрану клетки сократилось на 53,6 и 58,4 % соответственно, по сравнению со средой, в которой отсутствовал пептид ( $p \leq 0,0001$ ).

Нами разработана рецептура мороженого «Пломбир ванильный 15 %», обогащенного пептидом RR1c (табл. 5).

Пептид предварительно растворяли в пастеризованной воде при температуре 40 °С в соотношении 1:1 000.

Мороженое, обогащенное противовирусным пептидом, соответствовало требованиям ГОСТ 31457–2012 «Мороженое

молочное, сливочное и пломбир. Технические условия» по органолептическим и физико-химическим показателям; отмечены достоверные отличия от контрольных образцов мороженого без дополнительного введения в рецептуру пептида.

**Заключение.** В результате проведенных методом трехфазного синтеза исследований получен короткий биологически активный пептид, состоящий из восьми аминокислот.

В исследованиях *in vitro* установлено, что пептид обладает противовирусными свойствами в концентрации 390 мкг.

Разработано мороженое, обогащенное противовирусным пептидом. Доказано, что полученное мороженое соответствует требованиям нормативной документации.

**Таблица 5 – Рецептура мороженого «Пломбир ванильный 15 %», обогащенного пептидом RR1c**

**Table 5 – Ice cream recipe "Vanilla ice cream 15 %" enriched with RR1c peptide**

Наименование сырья	Количество, кг	Химический состав, %			
		молочный жир	СОМО	сахароза	сухие вещества
Молоко цельное	500,000	3,20	8,10	0,00	11,30
Молоко сгущенное с сахаром цельное	175,000	8,50	20,00	43,50	72,00
Масло сливочное	144,400	82,50	1,50	0,00	84,00
Молоко сухое обезжиренное	23,500	–	95,00	–	95,00
Сахар-песок	63,900	–	–	100,00	100,00
Стабилизатор-эмульгатор	3,500	–	–	–	95,00
Пептид	0,300	–	–	–	–
Ароматизатор ванилин	0,100	–	–	–	–
Итого сырья	910,679	–	–	–	–
Вода питьевая	89,321	–	–	–	–
Итого	1 000,000	15,00	10,00	14,00	39,38

## Список источников

1. Villava F. J., Cravero Bruneri A. P., Vinderola G., Goncalvez De Oliveira E., Paz N. F., Ramon A. N. [et al.]. Formulation of a peach ice cream as potential symbiotic food // *Journal of Food Science and Technology*. 2017. Vol. 37. P. 456–461. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457x.19716>.
2. Иванкина И. Ф., Решетник Е. И., Фролова Н. А. Функциональная пищевая добавка вторичного сырья пантового оленеводства для обогащения кондитерских изделий // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2013. № 4 (28). С. 50–52. EDN: TMWSKN.
3. Решетник Е. И., Уточкина Е. А. Влияние компонентного состава на пищевую и биологическую ценность продукта // *Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления*. 2013. № 2 (41). С. 63–67. EDN: PZDKZB.
4. Thorning T. K., Bertram H. C., Bonjour J.-P., De Groot L., Dupont D., Feeney E. [et al.]. Whole dairy matrix or single nutrients in assessment of health effects: current evidence and knowledge gaps // *American Journal of Clinical Nutrition*. 2017. Vol. 105. P. 1033–1045. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.151548>.
5. Sun-Waterhouse D. The development of fruit-based functional foods targeting the health and wellness market: a review // *International Journal of Food Science and Technology*. 2011. Vol. 46. P. 899–920. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02499.x>.
6. Тихонов С. Л., Чернуха И. М. Полипептид молозива коров – перспективный функциональный ингредиент специализированной пищевой продукции для профилактики вирусных инфекций // *Ползуновский вестник*. 2023. № 1. С. 114–122. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.014.
7. Guha S., Sharma H., Deshwal G. K., Rao P. S. A comprehensive review on bioactive peptides derived from milk and milk products of minor dairy species // *Food Production, Processing and Nutrition*. 2021. Vol. 3 (2). DOI: <https://doi.org/10.1186/s43014-020-00045-7>.
8. Тихонов С. Л., Тихонова Н. В. Функциональное исследование противоопухолевых природных пищевых пептидов // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2022. Т. 16. № 4. С. 122–130. DOI: 10.22450/199996837\_2022\_4\_122.
9. Sani M.-A., Separovic F. How membrane-active peptides get into lipid membranes (Available from) // *Accounts of Chemical Research*. 2016. Vol. 49 (6). P. 1130–1138. DOI: 10.1021/acs.accounts.6b00074.

## References

1. Villava F. J., Cravero Bruneri A. P., Vinderola G., Goncalvez De Oliveira E., Paz N. F., Ramon A. N. [et al.]. Formulation of a peach ice cream as potential symbiotic food. *Journal of Food Science and Technology*, 2017; 37: 456–461. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457x.19716>.
2. Ivankina N. F., Reshetnik E. I., Frolova N. A. Funktsional'naya pishchevaya dobavka vtorichnogo syr'ya pantovogo olenevodstva dlya obogashcheniya konditerskikh izdelii [Functional food additive secondary raw antler deer-raising for enrichment confectionery]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2013; 4 (28): 50–52 EDN: TMWSKN (in Russ.).
3. Reshetnik E. I., Utochkina E. A. Vliyanie komponentnogo sostava na pishchevuyu i biologicheskuyu tsennost' produkta [Influence of the component composition on the nutritional and biological value of the product]. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologij i upravleniya. – Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management*, 2013; 2 (41): 63–67. EDN: PZDKZB (in Russ.).
4. Thorning T. K., Bertram H. C., Bonjour J.-P., De Groot L., Dupont D., Feeney E. [et al.]. Whole dairy matrix or single nutrients in assessment of health effects: current evidence and knowledge gaps. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2017; 105: 1033–1045. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.151548>.
5. Sun-Waterhouse D. The development of fruit-based functional foods targeting the health and wellness market: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 2011; 46: 899–920. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02499.x>.

6. Tikhonov S. L., Chernukha I. M. Polipeptid moloziva korov – perspektivnyi funktsional'nyi ingredient spetsializirovannoi pishchevoi produktsii dlya profilaktiki virusnykh infektsii [Cow colostrum polypeptide is a promising functional ingredient in the composition of specialized food products for the prevention of viral infections]. *Polzunovskii vestnik. – Polzunovsky Bulletin*, 2023; 1: 114–122 DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.014 (in Russ.).

7. Guha S., Sharma H., Deshwal G. K., Rao P. S. A comprehensive review on bioactive peptides derived from milk and milk products of minor dairy species. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2021; 3 (2). DOI: <https://doi.org/10.1186/s43014-020-00045-7>.

8. Tikhonov S. L., Tikhonova N. V. Funktsional'noe issledovanie protivopukholevykh prirodnykh pishchevykh peptidov [Functional study of antitumorigenic natural food peptides]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2022; 4: 122–130. DOI: 10.22450/199996837\_2022\_4\_122 (in Russ.).

9. Sani M.-A., Separovic F. How membrane-active peptides get into lipid membranes (Available from). *Accounts of Chemical Research*, 2016; 49 (6): 1130–1138. DOI: 10.1021/acs.accounts.6b00074.

© Мерзлякова Н. В., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., 2023

Статья поступила в редакцию 25.07.2023; одобрена после рецензирования 29.08.2023; принята к публикации 04.09.2023.

The article was submitted 25.07.2023; approved after reviewing 29.08.2023; accepted for publication 04.09.2023.

#### **Информация об авторах**

**Мерзлякова Наталья Вадимовна**, аспирант, Уральский государственный экономический университет;

**Тихонов Сергей Леонидович**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, [tihonov75@bk.ru](mailto:tihonov75@bk.ru);

**Тихонова Наталья Валерьевна**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой инженерии и аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет

#### **Information about authors**

**Nataliya V. Merzlyakova**, Postgraduate Student, Ural State University of Economics;

**Sergey L. Tikhonov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technology of Storage and Processing of Fruit and vegetable and Crop Products, Russian State Agrarian University – Moscow State Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, [tihonov75@bk.ru](mailto:tihonov75@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.**



Научная статья

УДК 629.114.2:531

EDN JSXHEE

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_105

### Исследование динамики криволинейного движения автоцистерны с частичным заполнением

Елена Сергеевна Поликутина<sup>1</sup>, Зоя Федоровна Кривуца<sup>2</sup>,  
Сергей Васильевич Щитов<sup>3</sup>, Евгений Евгеньевич Кузнецов<sup>4</sup>,  
Наталья Владимировна Соболева<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Благовещенский политехнический колледж, Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>2,3,4,5</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>2</sup> [zfk20091@mail.ru](mailto:zfk20091@mail.ru), <sup>3</sup> [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru), <sup>4</sup> [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru), <sup>5</sup> [soboleva.07@mail.ru](mailto:soboleva.07@mail.ru)

**Аннотация.** Исследовано влияние дополнительных нагрузок на динамику криволинейного движения автоцистерны в зависимости от степени заполнения жидкостью. Установлено, что при изменении скоростного режима огромное значение приобретают дополнительные нагрузки, обусловленные следующими факторами: уровнем заполняемости, размерами резервуара, наличием устройств для гашения колебаний жидкости, смещением центра тяжести. При исследовании движения жидкости в резервуаре цистерны учитывалось, что поверхность равного давления является наклонной плоскостью, поскольку на жидкость действуют поверхностные силы, силы инерции и тяжести. Проведен анализ действия сил инерции при движении автоцистерны с частично заполненной жидкостью. Критерием устойчивости автоцистерны в зависимости от степени заполняемости резервуара жидкостью выбран коэффициент устойчивости автомобиля. Установлено, что на управляемость автоцистерны с частичным заполнением жидкостью при криволинейном движении влияют возникающие составляющие силы инерции, приложенные к центру масс, пропорциональные массе автомобиля, скорости движения и его ускорению, степени заполняемости резервуара жидкостью. Представленные расчеты коэффициента устойчивости автоцистерны с частичным заполнением жидкостью при криволинейном движении в зависимости от степени заполняемости резервуара жидкостью при скорости движения 45 км/ч показывают, что устойчивость автоцистерны наименьшая при заполнении резервуара от 35 до 55 %, что обусловлено максимальным смещением центра масс. В диапазоне от 20 до 40 % значения коэффициента устойчивости автоцистерны для исследуемых жидкостей воды и молока совпадают. Использование полученных зависимостей дает возможность прогнозировать поперечную устойчивость автоцистерны от степени заполняемости резервуара жидкостью при криволинейном движении. Предложенные исследования позволят разработать дополнительное корректирующее устройство, включающееся автоматически и обеспечивающее безопасность движения автоцистерны на переходе с прямолинейного дороги на криволинейную траекторию с учетом возникающих дополнительных нагрузок.

**Ключевые слова:** автомобиль, жидкость, стабилизирующий момент, возмущающий момент, автоцистерна, коэффициент устойчивости, центр масс

**Для цитирования:** Поликутина Е. С., Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Соболева Н. В. Исследование динамики криволинейного движения автоцистерны с частичным заполнением // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 105–117. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_105.

Original article

## Study of the dynamics of the curvilinear movement of a tank truck with partial filling

Elena S. Polikutina<sup>1</sup>, Zoya F. Krivutsa<sup>2</sup>,  
Sergey V. Shchitov<sup>3</sup>, Evgeniy E. Kuznetsov<sup>4</sup>, Natalya V. Soboleva<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Blagoveshchensk Polytechnic College, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>2, 3, 4, 5</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>2</sup> [zfk20091@mail.ru](mailto:zfk20091@mail.ru), <sup>3</sup> [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru), <sup>4</sup> [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru), <sup>5</sup> [soboleva.07@mail.ru](mailto:soboleva.07@mail.ru)

**Abstract.** The effect of additional loads on the dynamics of curved movement of the tanker truck was studied depending on the degree of filling with liquid. It was found that when the speed regime changes, additional loads were of great importance due to the following factors: the level of occupancy, the size of the tank, the presence of devices for suppressing liquid vibrations, and the displacement of the center of gravity. When studying the movement of liquid in the tanker truck, it was taken into account that the surface of equal pressure was an inclined plane, since surface forces, forces of inertia and gravity acted on the liquid. An analysis of the action of inertia forces during the movement of the tanker truck with partially filled liquid was carried out. The criterion for stability of the tanker truck depending on the degree of filling of the reservoir with liquid was the coefficient of stability of the car. It has been found that on the controllability of the tanker truck with partial filling with liquid during curvilinear movement, the emerging components of inertia forces applied to the center of mass are proportional to the mass of the car, the speed of movement and its acceleration, the degree of filling of the reservoir with liquid. The presented calculations of the stability coefficient of the tanker truck with partial filling with liquid during curvilinear movement depending on the degree of filling of the tank with liquid at a speed of 45 km/h show that the stability of the tanker truck is the smallest when filling the tank from 35 to 55 %, which is due to the maximum displacement of the center of mass. In the range from 20 to 40 %, the values of the stability coefficient of the tank truck for the investigated water and milk liquids coincide. The use of the obtained dependencies makes it possible to predict the transverse stability of the tanker truck from the degree of filling of the tank with liquid during curvilinear movement. The proposed studies will make it possible to develop an additional correcting device, which is automatically turned on, ensuring the safety of the tanker truck at the transition from a straight road to a curved trajectory, taking into account the additional loads that arise.

**Keywords:** car, liquid, stabilizing moment, disturbing moment, tanker truck, stability factor, center of mass

**For citation:** Polikutina E. S., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Soboleva N. V. Issledovanie dinamiki krivolineinogo dvizheniya avtotsterny s chastichnym zapolnieniem [Study of the dynamics of the curvilinear movement of a tank truck with partial filling]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2023; 17; 3: 105–117. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_105.

**Введение.** На динамику движения автоцистерны на криволинейной траектории при изменении скоростного режима огромное влияние оказывают дополнительные нагрузки, обусловленные следующими факторами: уровнем заполнения, размерами резервуара, наличием устройств для гашения колебаний жидкости, смещением центра тяжести. Движение автоцистерны с частичным заполнением может происходить и при частичном сливе жидкости потребителю, что приводит к изменению динамических

качеств автоцистерны за счет уменьшения отношения массы перевозимой жидкости к массе порожней цистерны. При движении автоцистерны с различной степенью загрузки увеличивается вероятность опасных ситуаций.

В многочисленных исследованиях, проведенных отечественными и зарубежными учеными, изучались вопросы динамики, где объектом исследования выступали транспортные средства, перевозимые закрепленные твердые грузы [1–5]. В связи с этим возникает необходимость разра-

ботать дополнительно корректирующее устройство, включающееся автоматически и позволяющее обеспечить безопасность движения, повысить маневренность автоцистерны на переходе с прямолинейного дороги на криволинейную траекторию с учетом возникающих дополнительных нагрузок.

**Материалы и методы исследования.** Для оценки эффективности разрабатываемого устройства целесообразно проанализировать влияние дополнительных нагрузок на динамику криволинейного движения автоцистерны в зависимости от степени заполнения жидкостью, поскольку увеличение вероятности возникновения аварийной ситуации на рассматриваемых участках дорог обусловлено образованием колебаний жидкости внутри резервуара, приводящим к значительному снижению поперечной устойчивости автоцистерны.

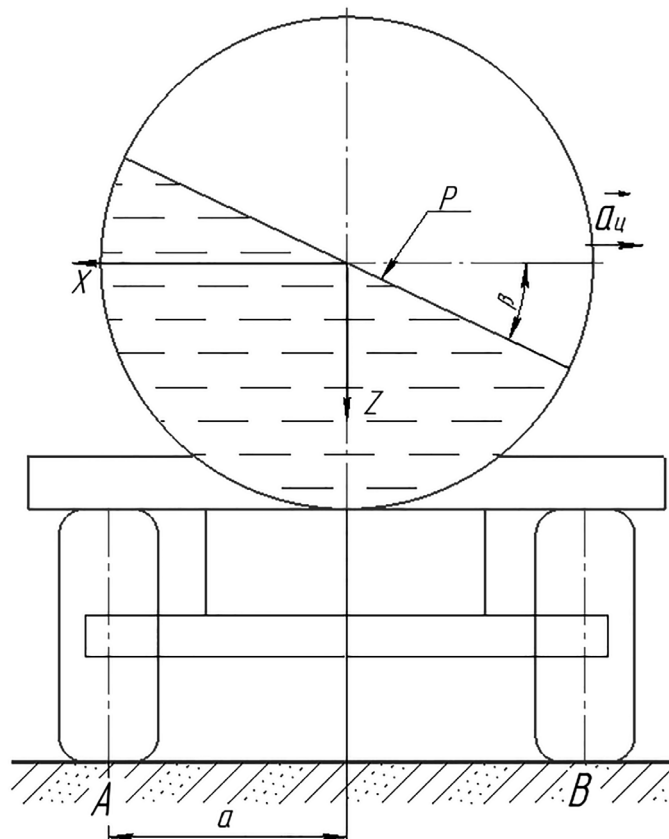
В рассматриваемой задаче необходимо учитывать, что на движущуюся с постоянной скоростью при повороте си-

стему, включающую автоцистерну и жидкость, действуют силы инерции автоцистерны и жидкости, поверхностные силы жидкости. Возникающие при криволинейном движении силы инерции, поверхностные силы жидкости создают возмущающий момент относительно точки колеса. Стабилизирующий момент создают силы тяжести, составляющие исследуемую систему.

При анализе движения жидкости в резервуаре цистерны необходимо учитывать, что поверхность равного давления является наклонной плоскостью, поскольку на жидкость действуют поверхностные силы, силы инерции и тяжести (рис. 1).

В соответствии с рисунком 1, давление в любой точке жидкости при криволинейном движении автоцистерны с частично заполненной жидкостью определяется выражением (1):

$$p = p_0 + \rho(gz + a_c x) \quad (1)$$



**Рисунок 1 – Расчетная схема автоцистерны при криволинейном движении**  
**Figure 1 – Calculation scheme of the tanker truck with curvilinear motion**

где  $p$  – гидростатическое давление в произвольной точке жидкости, Па;

$p_0$  – гидростатическое давление, действующее на свободную поверхность жидкости, Па;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$a_u$  – центробежное ускорение, м/с<sup>2</sup>;

$z, x$  – координаты точки от пьезометрической плоскости.

Выразим центробежное ускорение через угловую скорость и линейную скорость движения автоцистерны, соответственно выражениями (2) и (3):

$$a_{ц} = \omega^2 R \quad (2)$$

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R} \quad (3)$$

где  $\omega$  – угловая скорость, рад/с;

$v$  – линейная скорость, м/с;

$R$  – радиус кривизны траектории, м.

В рассматриваемом случае движения автоцистерны для свободной поверхности жидкости выполняется условие  $p=p_0$ . Следовательно, уравнение (1) имеет вид:

$$gz = -a_{ц}x \Rightarrow \operatorname{tg} \beta = \frac{z}{x} = -\frac{a_{ц}}{g} = -\frac{v^2}{gR} \quad (4)$$

где  $\beta$  – угол наклона свободной поверхности жидкости к горизонту, рад.

В случае, когда гидростатическое давление, действующее на свободную поверхность жидкости, не превышает атмосферного давления, выполняется условие  $p_0=p_{атм}$ , позволяющее рассчитать избыточное давление  $p_u$  в любой точке жидкости по формуле (5):

$$p_u = \rho g \left( z + \frac{v^2}{gR} x \right) \quad (5)$$

Следовательно, глубина погружения  $H$  по вертикали от пьезометрической плоскости до точки с избыточным давлением рассчитывается по выражению (6):

$$H = z + \frac{v^2}{gR} x \quad (6)$$

Таким образом, угол наклона свободной поверхности жидкости к горизонту, избыточное давление в любой точке жидкости прямо пропорциональны квадрату скорости движения автоцистерны на повороте и обратно пропорциональны радиусу кривизны траектории движения.

В рамках данного исследования при движении автоцистерны с частично заполненной жидкостью возникает значительная дополнительная нагрузка за счет действия сил инерции. В случае неизменности среднего угла поворота обоих ведущих колес движение автоцистерны с частично заполненной жидкостью можно рассматривать как вращение в плоскости вокруг мгновенного полюса вращения  $O$ . При движении по криволинейной траектории положение полюса может меняться, но незначительно.

С целью определения влияния кинематических характеристик движения на значения сил инерции автоцистерны рассмотрим схему сил, представленную на рисунке 2.

Учитывая исследования, проведенные авторами работ [6–8], и в соответствии с представленной схемой (рис. 2), положение мгновенного центра ускорения  $O$  можно определить выражениями (7), (8):

$$\cos \beta = \frac{\omega^2}{\sqrt{\omega^4 + (\varepsilon)^2}}, \quad (7)$$

$$a = OB = \frac{1}{\omega} \frac{dR}{dt} \cos \beta = \frac{1}{\omega} \frac{dR}{dt} \frac{\omega^2}{\sqrt{\omega^4 + (\varepsilon)^2}} \quad (8)$$

где  $\beta$  – угол поворота мгновенного центра ускорения, рад;

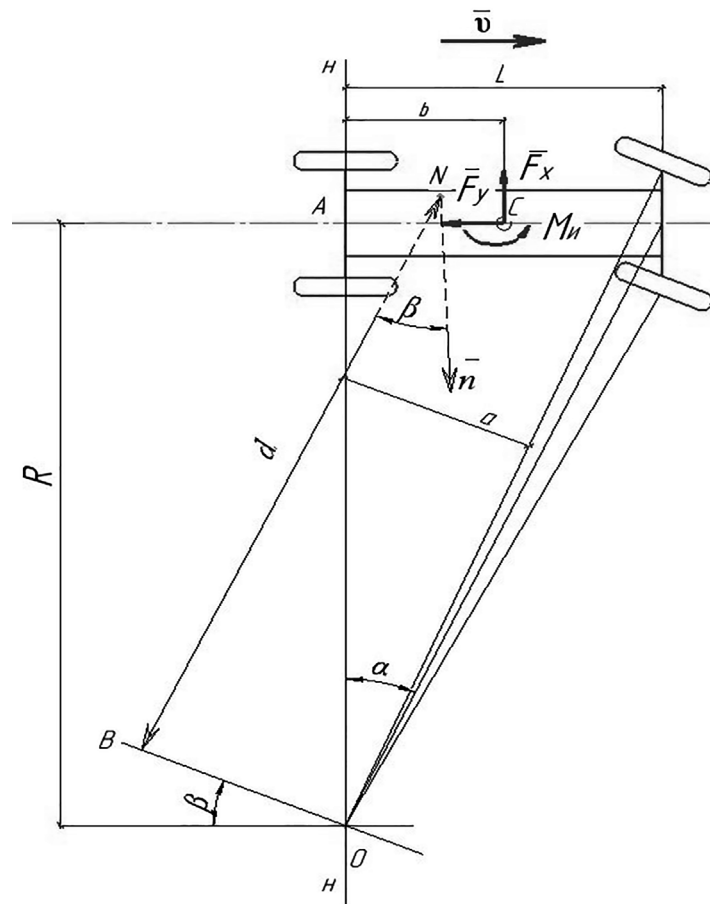
$\alpha$  – угол поворота автоцистерны, рад;

$\omega$  – угловая скорость автомобиля, рад/с;

$\varepsilon$  – угловое ускорение автомобиля, рад/с<sup>2</sup>;

$R$  – радиус кривизны поворота, м.

Выразим радиус кривизны поворота, отнесенный к середине задней оси автомобиля  $R$  через базу автомобиля  $L$ :



**Рисунок 2 – Расчетная схема автоцистерны при повороте**  
**Figure 2 – Calculation scheme of the tanker truck when turning**

$$R = Lctg\alpha \quad (9)$$

Учитывая, что при увеличении угла поворота автомобиля  $\alpha$  радиус уменьшается, можно записать выражение (10):

$$\frac{dR}{dt} = -\frac{Lctg\alpha}{dt} = \frac{L}{\sin^2\alpha} \frac{d\alpha}{dt} \quad (10)$$

Определим угловую скорость автомобиля  $\omega$  через линейную скорость  $v$ :

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{v}{L} tga \quad (11)$$

Следовательно, получим выражение (12):

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{tga}{L} \frac{dv}{dt} + \frac{v}{L \cos^2\alpha} \frac{d\alpha}{dt} \quad (12)$$

Применительно к рассматриваемому случаю (рис. 2), косинус угла поворота автомобиля составит:

$$\cos\alpha = \frac{R}{\sqrt{L^2 + R^2}} \quad (13)$$

Таким образом, учитывая выражения (9)–(13), положение мгновенного центра ускорения целесообразно определять выражением (14):

$$a = OB = \frac{\left(R \frac{d\omega}{dt} - \frac{dv}{dt}\right)}{\sqrt{\omega^4 + \left(\frac{d\omega}{dt}\right)^2}} = \frac{\left(R\varepsilon - \frac{dv}{dt}\right)}{\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}} \quad (14)$$

С учетом выражения (14), полное ускорение произвольной точки автомобиля, например  $N$ , определяется формулой (15):

$$j_N = d\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2} \quad (15)$$

Полное ускорение мгновенного полюса вращения  $O$  может быть записано в следующем виде:

$$j_o = a\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2} = R\varepsilon - \frac{dv}{dt} \quad (16)$$

Ускорение центра масс  $C$  относительно точки  $A$  определяется геометрической суммой тангенциального ускорения и нормального ускорения, как показано выражением (17):

$$j_c = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} = b\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2} \quad (17)$$

где  $b$  – расстояние от центра тяжести до задней оси автомобиля, м.

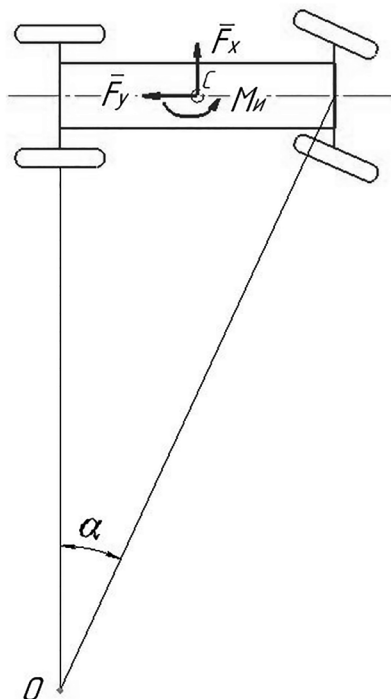
Для анализа влияния центробежной силы инерции  $F_m$  на коэффициент устойчивости автомобиля  $\mu_A$ , рассмотрим влияние тангенциальной и нормальной составляющих силы инерции на возникающие моменты сил при криволинейном движении, воспользовавшись рисунком 3.

Согласно рисунку 3, тангенциальная составляющая центробежной силы инерции  $F_x$  определяется выражением (18):

$$F_x = G \left( \frac{dv}{gdt} - \frac{b\omega^2}{g} \right) \quad (18)$$

Нормальная составляющая силы инерции связана с радиусом поворота  $R$ , угловой скоростью автоцистерны  $\omega$  и линейной скоростью  $v$  следующей формулой:

$$F_y = G \left( \frac{R\omega^2}{g} + \frac{b\varepsilon}{g} \right) = \frac{G}{g} \left( \frac{v^2}{R} + b\varepsilon \right) \quad (19)$$



**Рисунок 3 – Расчетная схема динамики криволинейного движения автоцистерны**  
**Figure 3 – Calculation scheme of the dynamics of the curvilinear movement of the tanker truck**

Таким образом, результирующая сила инерции имеет следующий вид:

$$F = \frac{G}{g} \sqrt{\left(\frac{dv}{dt} - b\omega^2\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R} + b\varepsilon\right)^2} \quad (20)$$

где  $G$  – вес автомобиля без груза, Н;  
 $g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

Анализируя уравнения (18)–(20), видим, что составляющие силы инерции, приложенные к центру масс, пропорциональны массе автомобиля, скорости движения и его ускорению.

При движении автоцистерны, частично заполненной жидкостью, по криволинейной траектории, возникающая результирующая сила инерции стремится сместить центр масс в сторону и тем самым снизить поперечную устойчивость автомобиля (рис. 4). В этом случае результирующая сила инерции возрастает и определяется формулой (21):

$$F = \frac{(G + M)}{g} \sqrt{\left(\frac{dv}{dt} - b\omega^2\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R} + b\varepsilon\right)^2} \quad (21)$$

где  $M$  – вес жидкости, Н.

Наиболее оптимальным критерием для исследования поперечной устойчивости движения автоцистерны при криволинейном движении, согласно исследованиям авторов работ [9–11], является коэффициент устойчивости автомобиля  $\mu_A$ , который позволяет определить основные кинематические характеристики движения (22):

$$\mu_A = \frac{M_{\text{ст}(A)}}{M_{\text{воз}(A)}} \quad (22)$$

где  $M_{\text{ст}(A)}$  – стабилизирующий момент относительно точки А, Н·м;

$M_{\text{воз}(A)}$  – возмущающий момент относительно точки А, Н·м.

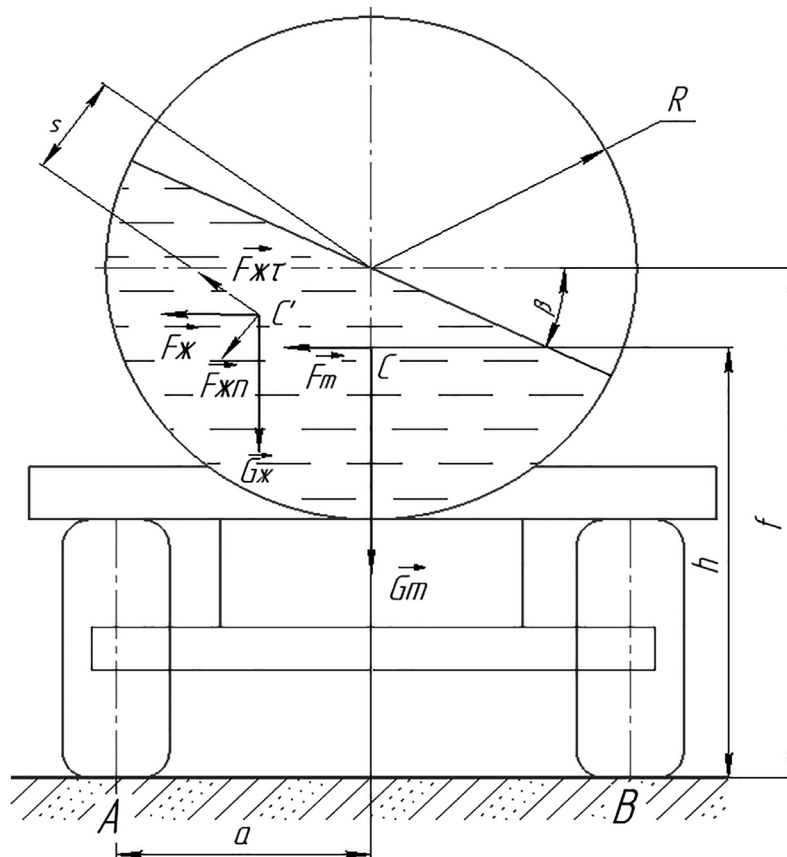


Рисунок 4 – Расчетная схема сил, действующих на автоцистерну при повороте  
 Figure 4 – Calculation diagram of the forces acting on the tanker truck when turning

Расчетная схема для определения кинематических характеристик движения автоцистерны с частично заполненной жидкостью по криволинейной траектории представлена на рисунке 4.

Пользуясь данной схемой, значение коэффициента устойчивости автомобиля  $\mu_A$  относительно точки  $A$ , учитывая принцип Даламбера, можно записать в виде выражения (23):

$$\mu_A = \frac{G_T \cdot a + G_{ж}(a - s \sin \beta) + F_{жн} \cdot a \cos \beta}{F_T \cdot h + F_{ж}(f - s \cos \beta) + F_{жн} \cdot f \sin \beta + F_{жт}(f \cos \beta + a \sin \beta - s)} \quad (23)$$

где  $G_T$  – сила тяжести транспортного средства, Н;

$G_{ж}$  – сила тяжести жидкости в резервуаре, Н;

$F_T$  – сила инерции транспортного средства, Н;

$F_{ж}$  – сила инерции жидкости в резервуаре, Н;

$F_{жн}$  – нормальная составляющая силы инерции жидкости в резервуаре, Н;

$F_{жт}$  – тангенциальная составляющая силы инерции жидкости в резервуаре, Н;

$a, s, h, f$  – расстояния в соответствии со схемой, м;

$\beta$  – угол наклона свободной поверхности жидкости к горизонту, рад.

Выразим значения тригонометрических функций угла наклона свободной

поверхности жидкости к горизонту через скорость движения автоцистерны и радиус кривизны траектории движения, используя рисунок 1.

В соответствии с проведенными расчетами, учитывая формулы (2)–(4), получим формулы косинуса и синуса угла наклона свободной поверхности жидкости к горизонту (24):

$$\cos \beta = \frac{v^2}{R \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}; \sin \beta = \frac{g}{\sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}} \quad (24)$$

Учитывая формулы (24), выражение (23) принимает вид:

$$\mu_A = \frac{G_T \cdot a + G_{ж}(a - s \frac{g}{\sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}) + F_{жн} \cdot a \frac{v^2}{R \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}}{F_T \cdot h + F_{ж}(f - s \frac{v^2}{R \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}}) + F_{жн} \cdot f \frac{g}{\sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}} + F_{жт}(f \frac{v^2}{R \sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}} + a \sin \frac{g}{\sqrt{\frac{v^4}{R^2} + g^2}} - s)} \quad (25)$$

**Результаты исследований и их обсуждение.** Таким образом, выражение (25) позволяет установить зависимость коэффициента устойчивости автоцистерны  $\mu_A$  относительно точки  $A$  от кинематических характеристик движения по криволинейной траектории, что показано на рисунке 5.

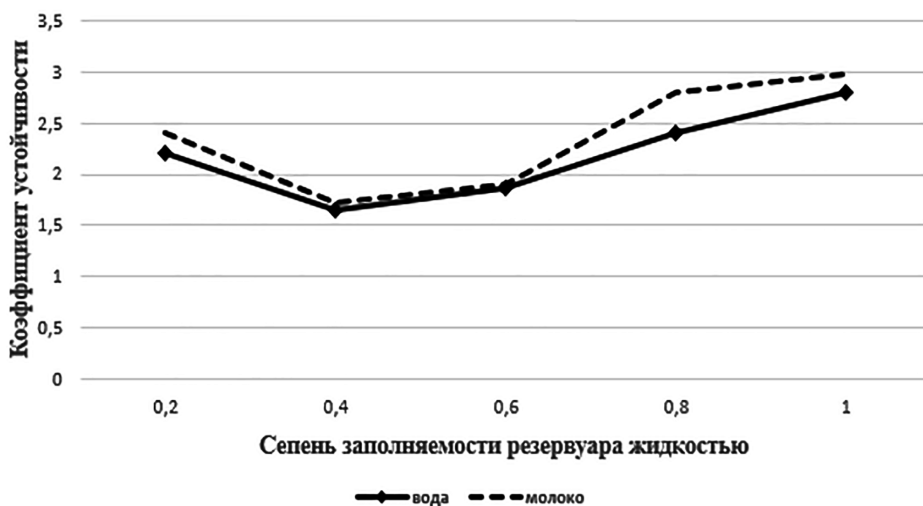


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента устойчивости автоцистерны от степени заполнения резервуара жидкостью

Figure 5 – Dependence of the stability coefficient of the tanker truck on the degree of filling the reservoir with liquid



На данном рисунке даны расчеты коэффициента устойчивости автоцистерны с частичным заполнением при криволинейном движении в зависимости от степени заполняемости резервуара жидкостью при скорости движения 45 км/ч. Расчеты проведены для воды и молока.

Анализ графика показывает, что устойчивость автоцистерны наименьшая при заполнении резервуара от 35 до 55 %, что обусловлено максимальным смещением центра масс. В диапазоне от 20 до 40 % значения коэффициента устойчивости автоцистерны для исследуемых жидкостей совпадают.

Согласно принципу Даламбера, автоцистерна по криволинейной траектории будет двигаться равномерно, при условии равенства нулю геометрической суммы моментов сил, действующих на систему, включающих действующие моменты активных сил и возникающие моменты сил инерции. Следовательно, сумма моментов активных сил транспортного средства, сил жидкости в резервуаре, сил инерции транспортного средства и сил инерции жидкости в резервуаре равна нулю, что показано выражением (26):

$$\vec{M}_T + \vec{M}_ж + \vec{M}_{ит} + \vec{M}_{иж} = 0 \quad (26)$$

Используя рисунок 4, можно установить, учитывая выражения (23)–(26), следующую зависимость:

$$\begin{aligned} G_T \cdot a + G_ж(a - s \frac{g}{\sqrt{R^2 + g^2}}) + F_{жн} \cdot a \frac{v^2}{R\sqrt{R^2 + g^2}} = \\ = F_T \cdot h + F_ж \left( f - s \frac{v^2}{R\sqrt{R^2 + g^2}} \right) + F_{жн} \cdot \\ \cdot f \frac{g}{\sqrt{R^2 + g^2}} + F_{жт} \left( f \frac{v^2}{R\sqrt{R^2 + g^2}} + a \sin \frac{g}{\sqrt{R^2 + g^2}} - s \right) \end{aligned} \quad (27)$$

Анализируя уравнения (3), (21), (27), видим, что составляющие силы инерции, приложенные к центру масс, пропорциональны массе автомобиля, скорости движения и его ускорению.

Для определения значения центростремительного ускорения воспользуемся выражениями (3), (27) и, проведя ряд математических преобразований, получим формулу (28):

$$a_c = \frac{m_1 a g + m_2 g (a - s \cos \beta)}{m_1 h + m_2 (f - s \cos \beta)} + \frac{F_{жн} g (a \cos \beta - f \sin \beta)}{m_1 h + m_2 (f - s \cos \beta)} - \frac{F_{жт} g (f \cos \beta + a \sin \beta - s)}{m_1 h + m_2 (f - s \cos \beta)} \quad (28)$$

где  $m_1$  – масса резервуара цистерны и масса жидкости, кг;

$m_2$  – масса системы «автоцистерна плюс жидкость», кг.

Учитывая выражения (24) и (28), установим зависимость центростремительного ускорения от кинематических характеристик движения автоцистерны по криволинейной траектории (29):

$$a_c = \frac{m_1 a g + m_2 g \left( a - s \frac{v^2}{R\sqrt{R^2 + g^2}} \right) + F_{жн} g \left( a \frac{v^2}{R\sqrt{R^2 + g^2}} - f \frac{g}{\sqrt{R^2 + g^2}} \right)}{m_1 h + m_2 \left( f - s \frac{v^2}{R\sqrt{R^2 + g^2}} \right) + m_1 h + m_2 \left( f - s \frac{v^2}{R\sqrt{R^2 + g^2}} \right)} - \frac{F_{жт} g \left( f \frac{v^2}{R\sqrt{R^2 + g^2}} + a \frac{g}{\sqrt{R^2 + g^2}} - s \right)}{m_1 h + m_2 \left( f - s \frac{v^2}{R\sqrt{R^2 + g^2}} \right)} \quad (29)$$

Определим зависимость основных кинематических характеристик движения автоцистерны с частично заполненной жидкостью от рода перевозимой жидкости и степени заполнения ее резервуара.

Используем зависимость (30):

$$m_1 = m_p + m_ж \quad (30)$$

Таким образом, выразим массу перевозимой жидкости  $m_ж$  от степени ее заполняемости  $k$  и плотности жидкости  $\rho$ , в виде выражения (31):

$$m_ж = k \rho V_{max} \Leftrightarrow k = \frac{V}{V_{max}} \quad (31)$$

где  $k$  – степень заполняемости резервуара жидкостью;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$V$  – объем жидкости, м<sup>3</sup>;

$V_{\max}$  – объем резервуара, м<sup>3</sup>.

Расчеты центробежного ускорения в зависимости от кинематических характеристик движения автоцистерны по криволинейной траектории, выполненные в программной среде Mathcad, представлены на рисунке 6.

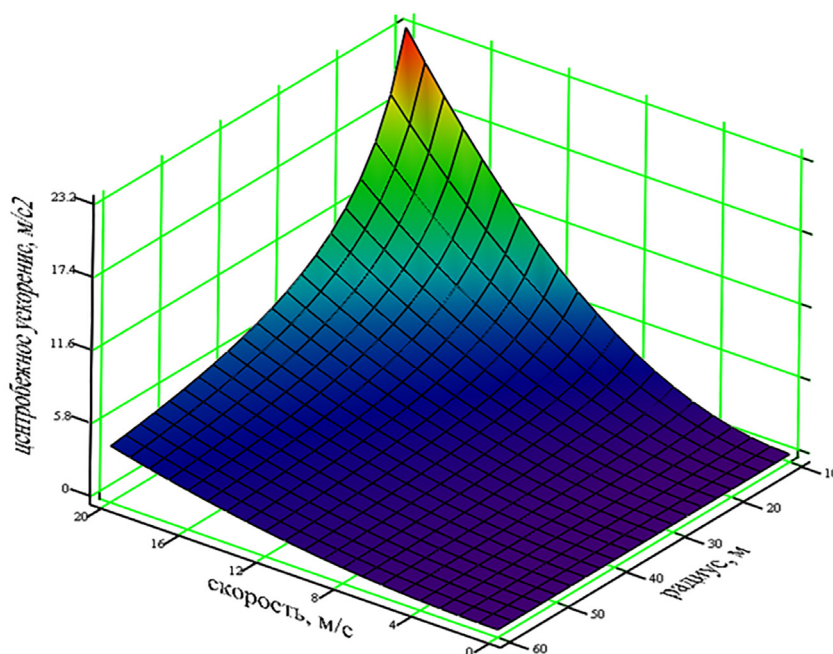
Они позволяют сделать вывод, что с возрастанием скорости движения автоцистерны происходит увеличение центробежного ускорения за счет смещения центра тяжести жидкости в резервуаре, что приводит к ухудшению поперечной устойчивости транспортного средства. При одновременном уменьшении радиуса кривизны дороги центробежное ускорение возрастает значительно и вероятность поперечного опрокидывания автомобиля увеличивается при повороте под влиянием возникающей центробежной силы инерции.

**Заключение.** На управляемость автоцистерны с частичным заполнением жидкостью при криволинейном движении возникающие составляющие силы

инерции, приложенные к центру масс, пропорциональны массе автомобиля, скорости движения и его ускорению, степени заполняемости резервуара жидкостью, поскольку результирующая сила инерции стремится сместить центр масс в сторону и тем самым снизить поперечную устойчивость автомобиля.

Представленные расчеты коэффициента устойчивости автоцистерны с частичным заполнением жидкостью при криволинейном движении в зависимости от степени заполняемости резервуара жидкостью при скорости движения, составляющей 45 км/ч, показывают, что устойчивость автоцистерны наименьшая при заполнении резервуара от 35 до 55 %, что обусловлено максимальным смещением центра масс. В диапазоне от 20 до 40 % значения коэффициента устойчивости автоцистерны для исследуемых жидкостей (воды и молока) совпадают.

Вероятность поперечного опрокидывания автомобиля возрастает при повороте под влиянием возникающей центробежной силы инерции. В случае



**Рисунок 6 – Влияние скорости движения автоцистерны и радиуса кривизны траектории на центробежные ускорения автоцистерны при 50 % заполнении жидкостью**

**Figure 6 – Influence of the speed of the tanker truck and the radius of curvature of the trajectory on the centrifugal accelerations of the tanker truck at 50 % liquid filling**

значительного поперечного уклона дороги составляющая силы тяжести может способствовать поперечному опрокидыванию и при прямолинейном движении автомобиля.

Использование полученных зависимостей дает возможность прогнозировать поперечную устойчивость автоцистерны от степени заполняемости резервуара жид-

костью при криволинейном движении. Предложенные исследования позволят разработать дополнительное корректирующее устройство, включающееся автоматически и обеспечивающее безопасность движения автоцистерны на переходе с прямолинейной дороги на криволинейную траекторию с учетом возникающих дополнительных нагрузок.

### Список источников

1. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В., Поликутина Е. С. Повышение продольно-поперечной устойчивости и снижение техногенного воздействия на почву колесных мобильных энергетических средств : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2020. 148 с.
2. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. 272 с.
3. Кузнецов Е. Е., Кривуца З. Ф., Курков Ю. Б., Двойнова Н. Ф., Соболева Н. В. Обоснование параметрической устойчивости автомобиля на склонной поверхности // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. № 2 (62). С. 151–157.
4. Fruhauf M., Mainel T., Belyaev V. I. Ecological consequences of conversion of steppe to arable land in Western Siberia // *Europa Regional*. 2004. Vol. 1. No. 4. P. 13–21.
5. Пономарев Н. В., Беляков Д. В., Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Повышение эффективности использования грузовых транспортных средств при перевозке наливных грузов // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. № 4 (16). С. 117–122.
6. Пономарев Н. В., Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Худовец В. И., Шарипова Т. В. [и др.]. Обоснование режимов конструкции для повышения поперечной устойчивости грузовых автомобилей в повороте // *АгроЭкоИнфо*. 2023. № 1.
7. Kucher V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Samuilo V. V., Evdokimov V. G. Ways of adapting motor transport for the transportation of cargoes in low temperatures // *International Scientific Siberian Transport Forum – TransSiberia: E3S Web of Conferences*. 2023. Vol. 402. P. 01002. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340201002>.
8. Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Кривуца З. Ф., Евдокимов В. Г., Иванов С. А. Влияние скорости движения автомобиля на эффективность его использования // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 1 (53). С. 104–111. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-11014.
9. Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Повышение эффективности перевозки грузов автомобильным транспортом за счет оптимизации скоростных характеристик движения // *Интеллект. Инновации. Инвестиции*. 2020. № 3. С. 119–125.
10. Slepnev A. E., Polikutina E. S., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Krivutsa Z. F. Increasing the efficiency of use of wheeled harrow units in regions of risk farming // *Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021): E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 262. P. 01003. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126201003>.
11. Кузнецова О. А., Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Евдокимов В. Г., Поликутина Е. С. [и др.]. Расширение функциональных возможностей колесной энергетики // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 1 (57). С. 87–98.

### References

1. Kuznetsov E. E., Shchitov S. V., Polikutina E. S. *Povyshenie prodol'no-poperechnoi ustoichivosti i snizhenie tekhnogennogo vozdeistviya na pochvu kolesnykh mobil'nykh energeticheskikh sredstv: monografiya* [Increasing the longitudinal-transverse stability and

*reducing the technogenic impact on the soil of wheeled mobile power vehicles: monograph*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020, 148 p. (in Russ.).

2. Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. *Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya mobil'nyh energeticheskikh sredstv v tekhnologii vozdeystviya sel'skohozyajstvennykh kul'tur: monografiya [Improving the efficiency of using mobile energy resources in the technology of cultivation of agricultural crops: monograph]*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017, 272 p. (in Russ.).

3. Kuznetsov E. E., Krivutsa Z. F., Kurkov Yu. B., Dvoynova N. F., Soboleva N. V. Obosnovanie parametricheskoi ustoichivosti avtomobilya na sklonovoi poverkhnosti [Substantiation of the car parametric stability on the inclined surface]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2022; 2 (62): 151–157 (in Russ.).

4. Fruhauf M., Mainel T., Belyaev V. I. Ecological consequences of conversion of steppe to arable land in Western Siberia. *Europa Regional*, 2004; 1: 13–21.

5. Ponomarev N. V., Belyakov D. V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya gruzovykh transportnykh sredstv pri perevozke nalivnykh gruzov [Efficiency improving of the cargo vehicles use in the bulk freight transportation]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2022; 4 (16): 117–122 (in Russ.).

6. Ponomarev N. V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Khudovets V. I., Sharipova T. V. [et al.]. Obosnovanie rezhimov konstrukcii dlya povysheniya poperechnoj ustojchivosti gruzovykh avtomobilej v povorote [Substantiation of design modes for increasing the transverse stability of trucks in a turn]. *AgroEcoInfo*, 2023; 1 (in Russ.).

7. Kucher V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Samuilov V. V., Evdokimov V. G. Ways of adapting motor transport for the transportation of cargoes in low temperatures. Proceedings from International Scientific Siberian Transport Forum – TransSiberia: E3S Web of Conferences. (PP. 01002). 2023; 402. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340201002>.

8. Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Krivutsa Z. F., Evdokimov V. G., Ivanov S. A. Vliyanie skorosti dvizheniya avtomobilya na effektivnost' ego ekspluatatsii [Influence of vehicle speed on its efficiency]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2020; 1 (53): 104–111. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-11014 (in Russ.).

9. Kuznetsov E. E., Shchitov S. V., Krivutsa Z. F. Povyshenie effektivnosti perevozki gruzov avtomobil'nym transportom za schet optimizatsii skorostnykh kharakteristik dvizheniya [Improving the efficiency of cargo transportation by optimization of speed characteristics of movement]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii. – Intellect. Innovations. Investments*, 2020; 3: 119–125 (in Russ.).

10. Slepnev A. E., Polikutina E. S., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Krivutsa Z. F. Increasing the efficiency of use of wheeled harrow units in regions of risk farming. Proceedings from Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems (ITEEA 2021): E3S Web of Conferences. (PP. 01003). 2021; 262. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126201003>.

11. Kuznetsova O. A., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Evdokimov V. G., Polikutina E. S. [et al.]. Rasshirenie funktsional'nykh vozmozhnostei kolesnoi energetiki [Expansion of wheeled power functional capabilities]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2021; 1 (57): 87–98 (in Russ.).

© Поликутина Е. С., Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Соболева Н. В., 2023

Статья поступила в редакцию 01.08.2023; одобрена после рецензирования 22.08.2023; принята к публикации 30.08.2023.

The article was submitted 01.08.2023; approved after reviewing 22.08.2023; accepted for publication 30.08.2023.

**Информация об авторах**

**Поликутина Елена Сергеевна**, кандидат технических наук, преподаватель специальных дисциплин, Благовещенский политехнический колледж;

**Кривуца Зоя Федоровна**, доктор технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, [zfk2009@rambler.ru](mailto:zfk2009@rambler.ru);

**Щитов Сергей Васильевич**, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru);

**Кузнецов Евгений Евгеньевич**, доктор технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru);

**Соболева Наталья Владимировна**, старший преподаватель, Дальневосточный государственный аграрный университет, [soboleva.07@mail.ru](mailto:soboleva.07@mail.ru)

**Information about authors**

**Elena S. Polikutina**, Candidate of Technical Sciences, Lecturer of Special Disciplines, Blagoveshchensk Polytechnic College;

**Zoya F. Krivutsa**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, [zfk20091@rambler.ru](mailto:zfk20091@rambler.ru);

**Sergey V. Shchitov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru);

**Evgeniy E. Kuznetsov**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, [ji.tor@mail.ru](mailto:ji.tor@mail.ru);

**Natalya V. Soboleva**, Senior Lecturer, Far Eastern State Agrarian University, [soboleva.07@mail.ru](mailto:soboleva.07@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 631.35

EDN HVJUAY

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_118

**Результаты исследования применения метода очеса растений сои на корню****Владимир Александрович Сахаров<sup>1</sup>, Алексей Алексеевич Кувшинов<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт сои

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [sakharov.v.a@mail.ru](mailto:sakharov.v.a@mail.ru), <sup>2</sup> [kyaa@vniisoi.ru](mailto:kyaa@vniisoi.ru)

**Аннотация.** Процесс уборки сои прямым комбайнированием является весьма энергозатратным. Применение метода очеса растений на корню позволит частично снизить энергетические затраты за счет уменьшения количества рабочих органов. Выявлено, что современные зерноуборочные комбайны не обеспечивают качества уборки сои в соответствии с агротехническими требованиями. Представлены результаты исследований по применению очесывающей жатки для уборки сои методом очеса растений на корню. При минимальном уровне потерь за жаткой (7,9 %) были определены оптимальные показатели технологического процесса уборки сои методом очеса. На основании данных проведенного эксперимента получено уравнение регрессии, которое адекватно характеризует соответствующий процесс. Представлен альтернативный вариант очесывающей жатки, позволяющий исключить воздействие инерционной составляющей, приводящей к растрескиванию бобов сои до их обрыва от стебля и вылета вперед по ходу движения трактора с очесывающей жаткой. В перспективе возможно использовать шнековую очесывающую жатку для уборки семенных посевов с шириной междурядий 30 см и более.

**Ключевые слова:** уборка сои, метод очеса, очесывающая жатка

**Для цитирования:** Сахаров В. А., Кувшинов А. А. Результаты исследования применения метода очеса растений сои на корню // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 118–126. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_118.

Original article

**The results of the study on the application of the soybean combing method on the vine****Vladimir A. Sakharov<sup>1</sup>, Alexey A. Kuvshinov<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Amur region, Blagoveshchensk, Russia<sup>1</sup> [sakharov.v.a@mail.ru](mailto:sakharov.v.a@mail.ru), <sup>2</sup> [kyaa@vniisoi.ru](mailto:kyaa@vniisoi.ru)

**Abstract.** The process of harvesting soybeans by direct harvesting is a very energy-consuming process. The application of the method of combing plants on the root will partially reduce energy consumption by reducing the working organs. It has been found out that modern combine harvesters do not provide the quality of harvesting in accordance with agrotechnical requirements. The results on the use of a combing harvester for harvesting soybeans by the method of combing plants on the vine are presented. With a minimum level of losses behind the harvester (7.9 %), optimal indicators of the technological process of harvesting soybeans by the method of combing were determined. Based on the data of the experiment, a regression equation has been obtained that adequately characterizes this process. An alternative version of the combing header is presented, which allows excluding the impact of the inertial component and leads to cracking of soybeans before they break off from the stem and fly forward along the course of the tractor with the combing header. In the future, it is possible to use a screw combing harvester for harvesting seed crops with a row spacing of 30 cm or more.

**Keywords:** soybean harvesting, combing method, combing harvester

**For citation:** Sakharov V. A., Kuvshinov A. A. Rezul'taty issledovaniya primeneniya metoda ochesa rastenii soi na kornyu [The results of the study on the application of the soybean combing method on the vine]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 3: 118–126. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_118.

**Введение.** Соя является древнейшей сельскохозяйственной культурой, отличающейся многофункциональностью ее использования для технических, кормовых, и, в особенности, пищевых целей. В настоящее время наблюдается тенденция увеличения спроса на зерно сои и продукты ее переработки. Соя, являясь стратегическим продуктом, занимает важное место в народном хозяйстве страны. Ее убирают по классической технологии зерноуборочными комбайнами, оборудованными жатками, имеющими в своем составе режущий аппарат, мотовило, шнек двусторонней навивки с пальчиковым механизмом.

По результатам проведенных исследований авторов работы [1] потери сои за классической зерновой жаткой составляли 12,6 %. Модернизированные под низкий срез жатки допускали потери от 2,1 до 2,4 %. Серийные отечественные соевые жатки Float Stream допускали в наблюдаемых условиях уровень потерь, составляющий от 4 до 8 % (при уборке перезревшей культуры). У комбайнов Acros 595 и РСМ 161 потери за жаткой составляли от 3,9 до 8,2 %; потери зерна за молотилкой были на уровне 2,5–4,1 %; дробление бункерного зерна – 3,6–4,8 %; засоренность зерна в бункере – 0,79–1,47 %.

Приведенные показатели не соответствуют агротехническим требованиям, установленным Системой технологий и машин для комплексной механизации растениеводства Амурской области на 2011–2015 гг. (потери свободных семян за жаткой не более 1,5 %, общие потери зерна за комбайном – 5 %, дробление семян не более 5 %).

Несмотря на внедрение различных технических решений, связанных с повышением надежности работы зерноуборочных комбайнов, совершенствованием датчиков контроля уборочного процесса, внедрением подстраиваемых систем управления, нерешенными остаются вопросы энергоемкости процессов среза, транспортировки, обмолота и сепарации

растительной массы. Часть этих вопросов позволит решить применение очесывающих жаток для уборки сои. Метод очеса растений на корню апробирован на уборке зерновых, метельчатых, некоторых бобовых и других сельскохозяйственных культур.

Из-за сниженного содержания стеблей в составе очесанной массы нагрузка на молотилку комбайна уменьшается на 75–80 %, что приводит к увеличению производительности зерноуборочного комбайна в 1,5–1,7 раза. Рассмотрен вариант переоборудования технических средств для уборки зернового сорго, который используется преимущественно для уборки очесом зерновых культур с колосовой продуктивной частью; в то же время для уборки сахарного сорго необходима модернизация серийных жаток [2].

Применение технологии очеса на уборке зерновых культур на корню позволяет увеличить производительность комбайнов и их эффективность от 1,4 до 2,0 раза [3].

При сравнении показателей технологии «очес» + «невейка» с классической технологией уборки выяснено, что производительность зерноуборочного комбайна увеличивается на 65,6 %, расход топлива на работу уборочной машины уменьшается на 39 %, время уборки сокращается на 65 % [4].

В научной работе [5] представлено теоретическое обоснование оптимальной компоновки адаптера для уборки зерновых культур очесом растений на корню; теоретически обоснованы параметры очесывающих гребенок.

Использование малогабаритного недорогостоящего прицепного очесывающего устройства с шириной захвата 1,5 м создает предпосылки для решения вопроса нехватки зерноуборочной техники, особенно в условиях небольших хозяйств [6].

Предложенная авторами новая конструкция рабочих органов комбайновых очесывающих жаток для зерновых куль-

тур позволяет увеличить эффективность очеса и снизить потери зерна при уборке до 5 % [7]. Сущность технического решения заключается в изменении конструкции пальцев съемной жатки за счет увеличения технологического зазора между зубьями.

Научно обоснованная конструктивная схема очесывающей жатки для уборки зернобобовых культур с оптимальными конструктивно-технологическими и режимными параметрами функционирования очесывающей жатки на уборке белого люпина позволяет снизить потери и повреждение семян при уборке [8].

В Орловской области авторами работы [9] проводились испытания для подбора оптимальных параметров использования широкозахватной жатки, агрегируемой с комбайном Acros 595. Выделены параметры, значительно влияющие на процесс очеса растений сои: высота очеса; частота вращения ротора с гребенками; ширина касательного канала.

В Дальневосточном регионе проводились исследования по использованию метода очеса при уборке сои. Использование видеосъемки и графического анализа помогло выяснить, что основные потери – это нижние бобы растений сои, при очесе выбрасываемые гребенками вперед по ходу движения уборочного

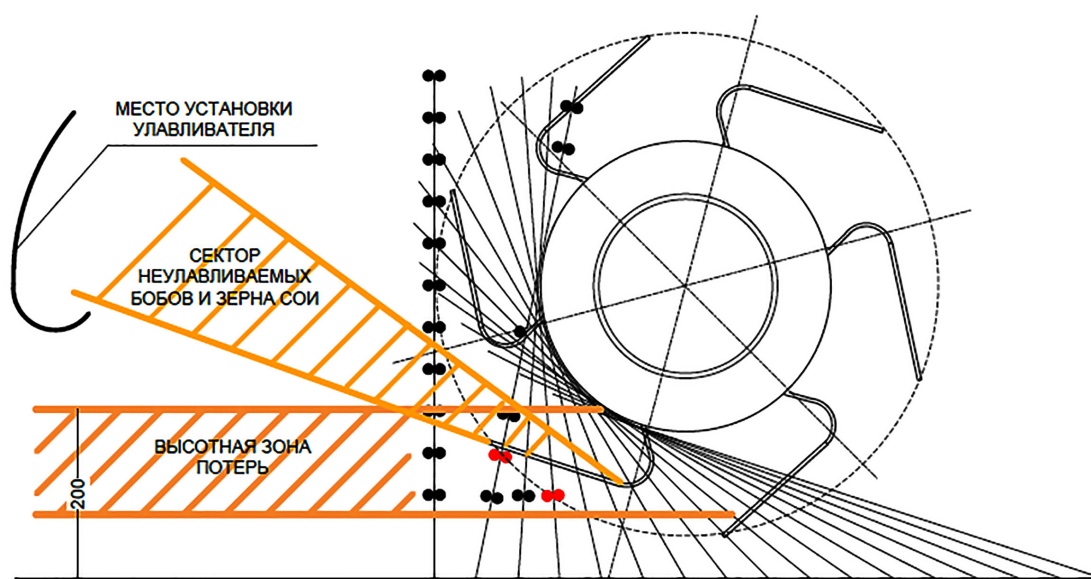
агрегата, где происходит столкновение с впереди стоящими растениями и их потеря в поле (рис. 1).

**Цель исследования** – определение качества очеса растений сои при изменении скорости движения машинно-тракторного агрегата и угловой частоты вращения очесывающего барабана.

**Материалы и методы исследования.** Экспериментальная часть работы выполнялась на опытном поле Федерального научного центра Всероссийского научно-исследовательского института сои, в октябре во время уборки сои сорта «Умка».

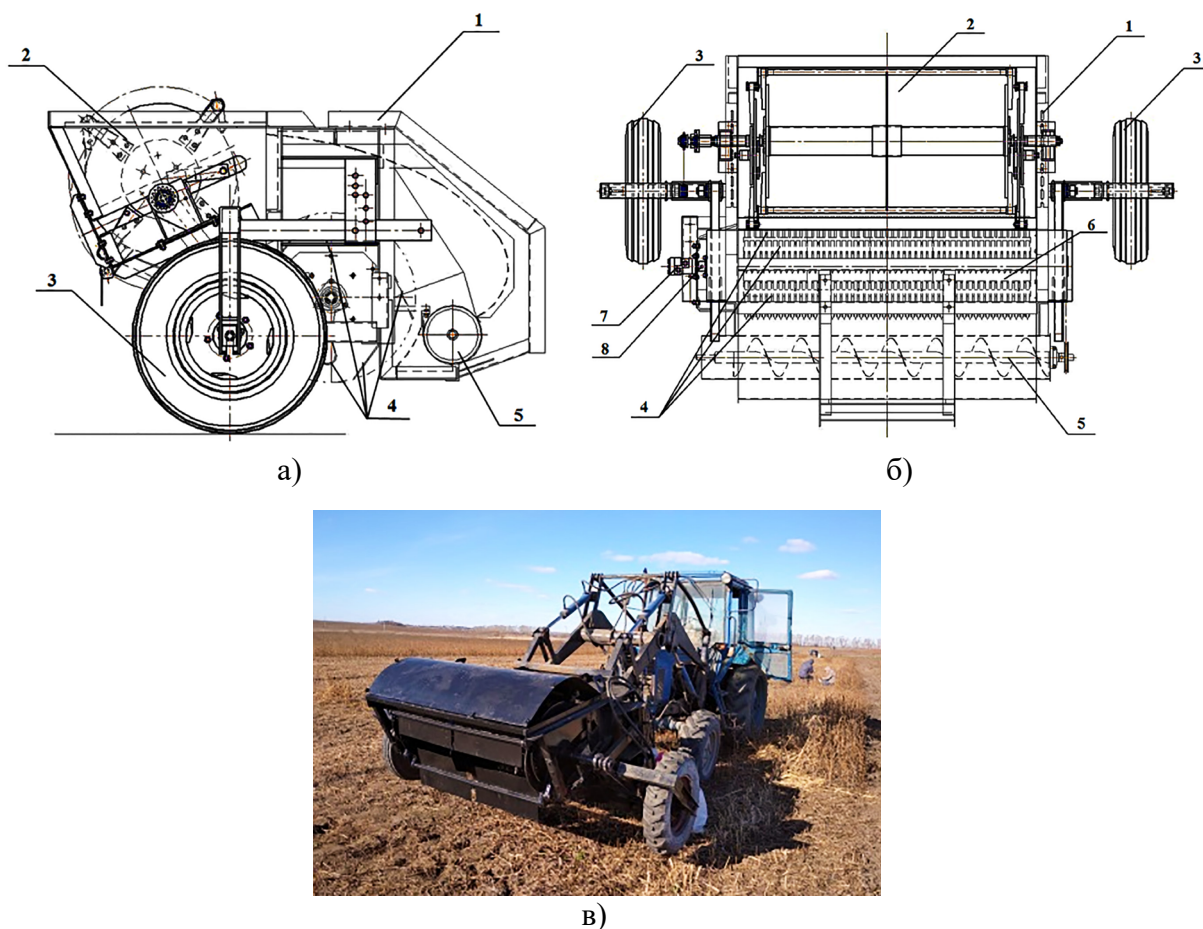
Очес проводился доработанной экспериментальной очесывающей жаткой с шириной захвата 1,5 м (рис. 2). На очесывающий барабан были установлены гребенки, загнутые по логарифмической спирали. В качестве отражателя для исключения потерь очесанных бобов и зерен, летящих вперед по ходу жатки, было установлено мотовило с отражающими щитками. Мотовило приводилось во вращение цепной передачей от ведущего колеса жатки для синхронизации скорости его вращения со скоростью движения при очесе, обеспечивая нулевую скорость щитка относительно поля.

В целях определения режимных параметров работы очесывающей жатки на



**Рисунок 1 – Проблемная зона потерь зерна сои при процессе очеса растений сои**  
**Figure 1 – The problem area of soybean grain losses in the process of combing soybean plants**





а) вид сбоку; б) вид сверху; в) работа в полевых условиях  
 1 – корпус; 2 – мотовило; 3 – опорные колеса; 4 – гребенки; 5 – выгрузной шнек;  
 6 – очесывающий барабан; 7 – гидромотор; 8 – обгонная муфта

**Рисунок 2 – Экспериментальная очесывающая жатка**

**Figure 2 – Experimental combing header**

уборке сои методом очеса был проведен полевой эксперимент  $3^2$  по методике, описанной В. Н. Максимовым в пособии «Многофакторный эксперимент в биологии» (Москва, Московский государственный университет, 1980).

Критерием оптимизации являлись потери за очесывающей жаткой  $u_{дж}$ . Уровни и интервалы варьирования факторов  $x_1, x_2$ , представленные в таблице 1, были выбраны на основании расчетных, лабораторных и полевых исследований, проведенных в 2019 году [10].

Перед проведением опытов на каждой площадке определялась биологическая урожайность. После прохода жатки устанавливались общие потери за жаткой.

**Результаты исследований и их обсуждение.** По результатам проведенных полевых опытов в 2019 г. [10] была выбрана гребенка треугольной формы, которая осуществляла 100-процентный очес; однако при этом в ней происходило защемление и отрыв стеблей у основания зубьев гребенки.

Для проведения исследований в 2020 г. в данной гребенке был устранен указанный недостаток, а именно: увеличено отверстие у основания паза (15 мм); обеспечена ширина паза у основания зубьев на уровне 9 мм; профиль гребенки загнут по логарифмической спирали.

В таблице 2 представлены результаты проведенного эксперимента. Условия

Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования

Table 1 – Factors and levels of their variation

Факторы	Скорость движения агрегата ( $V$ ), км/ч (м/с)	Скорость вращения очесывающего барабана ( $\omega$ ), об./мин
Обозначение	$x_1$	$x_2$
Верхний уровень (+1)	11 (3,05)	400
Основной уровень (0)	8,5 (2,36)	350
Нижний уровень (-1)	6 (1,67)	300

Таблица 2 – Результаты эксперимента по очесу растений сои в 2020 году, сорт «Умка»

Table 2 – Results of the experiment on soybean plant harvesting in 2020, variety «Umka»

Номер варианта	Скорость движения агрегата $V$ , км/ч	Скорость вращения очесывающего барабана $\omega$ , об./мин	Общие потери, г/м <sup>2</sup>	Общие потери, %	Потери за жаткой, % (без учета естественных потерь)
1	6	300	89,3	31,5	26,4
2	8,5	300	60,1	21,2	16,1
3	11	300	39,7	14,0	8,9
4	6	350	45,1	15,9	10,8
5	8,5	350	46,5	16,4	11,3
6	11	350	36,9	13,0	7,9
7	6	400	37,7	13,3	8,2
8	8,5	400	43,9	15,5	10,4
9	11	400	85,9	30,3	25,2

проведения эксперимента: биологическая урожайность – 283,5 г/м<sup>2</sup>; уровень естественных потерь – 14,5 г/м<sup>2</sup>; показатель влажности зерна – 13 %, ширина междурядий – 30 см; диаметр очесывающего барабана – 660 мм.

Из таблицы 2 видно, что минимум потерь за жаткой без учета естественных потерь составляет 7,9 %. При этом уровне потерь оптимальными показателями процесса работы очесывающей жатки при посеве с междурядьем 30 см являются: скорость вращения очесывающего барабана ( $\omega$ ) – 350 об./мин; скорость движения агрегата ( $V$ ) – 11 км/ч.

На основании данных эксперимента нами получено уравнение регрессии по потерям зерна после прохода жатки, которое адекватно описывает процесс очеса растений сои:

$$Y_{пж} = 3223,36 - 728,21 \cdot V - 1832,87 \cdot \omega + 42,9 \cdot V^2 + 260,47 \cdot \omega^2 + 424,77 \cdot V \cdot \omega - 25,45 \cdot V^2 \cdot \omega - 61,54 \cdot V \cdot \omega^2 + 3,74 \cdot V^2 \cdot \omega^2 \quad (1)$$

Несмотря на все предложенные нами изменения, уровня допустимых потерь за жаткой, в соответствии с требованиями к качеству выполнения операции уборки сои, добиться не удалось. Проблема состоит в том, что барабанный тип очесывающей жатки не подходит для полного очеса растений сои, имеются некоторые ограничения.

Для уборки методом очеса в приоритете сорта сои, имеющие один прямостоящий стебель (например, сорта Бонус (куст прямостоячий, ветвление слабое), Золушка (куст прямостоячий, одна ветвь), Даурия (большинство растений одностебельные, стебель прямой), Уркан (стебель

прямой), ВНИИС 18 (куст прямостоячий, ветвей – от одной до двух), Грация (количество ветвей – до двух)).

Также при очесе растений барабанной жаткой учитывается условие растрескивания бобов при воздействии на них гребенок очесывающего барабана (сорта устойчивые к растрескиванию бобов: Бонус, ВНИИС 18, Грация, Золушка) (нами использованы данные Каталога сортов сои, 2021).

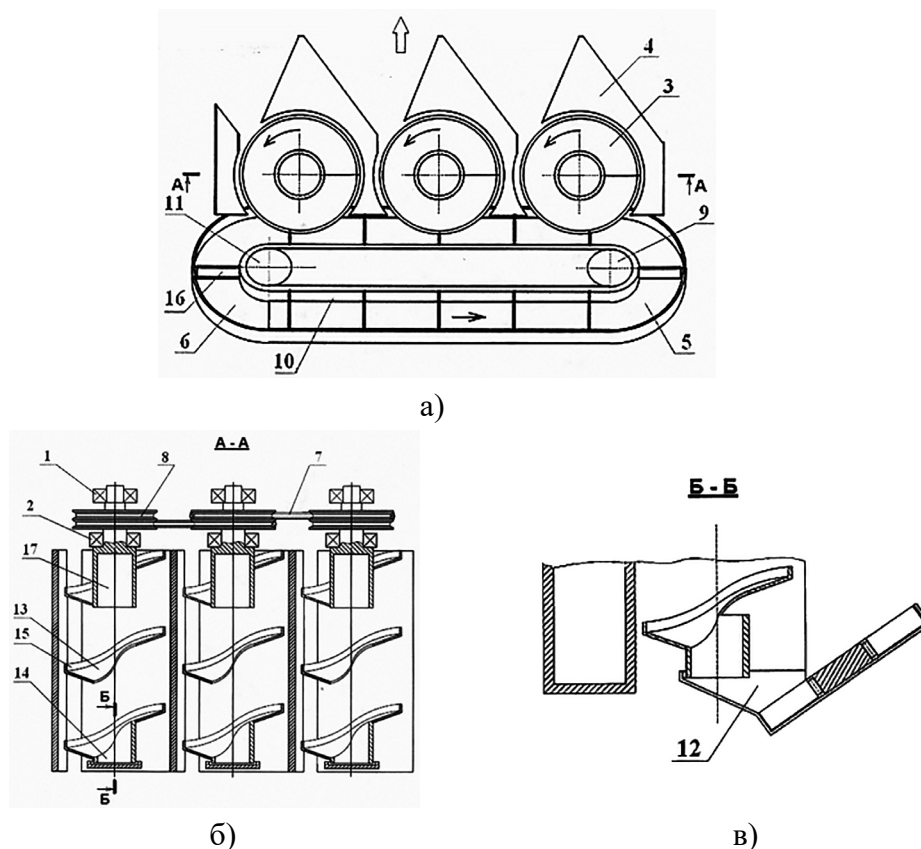
Принципиально новой для уборки сои очесом является конструкция очесывающего устройства шнекового типа (рис. 3) (патент РФ № 2742836), при работе которого достигается минимальный показатель обрыва стеблей сои; воздействие ра-

бочих органов на растение сои не зависит от высоты прикрепления бобов к растению; уменьшаются потери, происходящие при ударе рабочих органов (гребенок) в других конструктивных схемах очесывающих устройств.

В перспективе возможно использовать данное устройство при уборке семенных посевов при ширине междурядий от 30 см и более.

**Заключение.** 1. Проведенными экспериментами подтверждены и уточнены оптимальные конструктивно-режимные параметры жатки для уборки сои методом очеса:

1) количество гребенок на очесывающем барабане – 6 штук;



а) вид сверху; б) вид сбоку; в) схема самотека

- 1, 2 – подшипники; 3 – полые шнеки; 4 – коробчатые полевые делители; 5 – цепной скребковый транспортер; 6 – выгрузное окно; 7 – клиновой ремень; 8 – шкивы; 9 – ведущая звездочка; 10 – цепь; 11 – ведомая звездочка; 12 – самотеки; 13 – наклонная спираль шнека; 14 – нижний патрубок; 15 – боковая кромка шнека; 16 – скребки; 17 – верхний вал шнека

**Рисунок 3 – Очесывающее устройство шнекового типа**  
**Figure 3 – Screw-type combing device**

2) скорость движения трактора с очесывающей жаткой – 11 км/ч;

3) скорость вращения очесывающего барабана – 350 об./мин;

4) диаметр очесывающего барабана – 660 мм;

5) регулировка очесывающей жатки над поверхностью поля по высоте – 50–150 мм;

6) частота вращения мотовила – нулевая скорость отражающих щитков относительно поверхности поля.

2. При уборке урожая методом очеса потери при оптимальных режимах

(скорости вращения барабана 350 об./мин и скорости движения 11 км/час) и посева через 30 см на сорте сои «Умка» составили 7,9 %, что на сегодняшний день не соответствует агротехническим требованиям (5 %).

3. Предложена конструкция очесывающего шнекового устройства, принципиально отличающаяся от одно- и двухбарабанных очесывающих устройств, производимых серийно, и испытанных экспериментальных конструкций. Данная конструкция в перспективе позволит убирать семенные посевы при ширине междурядий от 30 см и более.

### Список источников

1. Ерохин Г. Н., Коновский В. В., Першин И. А. Качество уборки сои зерноуборочными комбайнами // Наука в центральной России. 2022. № 3 (57). С. 7–13. DOI: 10.35887/2305-2538-2022-3-7-13.

2. Бурьянов А. И., Бурьянов М. А., Червяков И. В., Ковтунов В. В. Совершенствование технологии уборки сорго // Зерновое хозяйство России. 2017. № 4 (52). С. 45–48. EDN: ZEVUNB.

3. Buryanov A. I., Chervyakov I. V. Using combines for cleaning grain crops by non-traditional technologies // INMATEH – Agricultural Engineering. 2019. Vol. 59. P. 27–32. DOI: 10.35633/INMATEH-59-03.

4. Беренштейн И. Б., Шабанов Н. П. Новые возможности технологии «невейка» при уборке зерновых культур // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2018. № 16 (179). С. 52–66. EDN: YTUJZZ.

5. Dzhamburshin A. S., Turymbetova G. D. Substantiation of expedient parameters and operating modes of the stripping device for harvesting grain crops in Kazakhstan // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2017. Vol. 8. P. 691–698. EDN: YBFZPF.

6. Савин В. Ю. Зависимость степени дробления зерна пшеницы от частоты вращения очесывающего устройства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (58). С. 98–102. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.3.98.

7. Aldoshin N. V., Kravchenko I. N., Kuznetsov Yu. A., Kalashnikova L. V., Korneev V. M. New working element of stripper header "OZON" // INMATEH – Agricultural Engineering. 2018. Vol. 55. P. 69–74. EDN: XVKQWD.

8. Алдошин Н. В., Мосяков М. А., Семичев С. В. Конструктивно-технологическая схема очесывающей жатки для уборки белого люпина // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 4 (29). С. 79–85. DOI: 10.35523/2307-5872-2019-29-4-79-85.

9. Семов И. Н., Фесенко О. Д. Исследования универсальной широкозахватной очесывающей жатки с возможностью уборки сои // Сурский вестник. 2021. № 4 (16). С. 68–73. DOI: 10.36461/2619-1202\_2021\_04\_012.

10. Сахаров В. А., Кувшинов А. А., Мазнев Д. С. Влияние режимных параметров работы очесывающей жатки на величину потерь при уборке сои // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 4 (56). С. 135–141. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-14060.

## References

1. Erokhin G. N., Konovskii V. V., Pershin I. A. Kachestvo uborki soi zernouborochnymi kombainami [The quality of soybean harvesting by combine harvesters]. *Nauka v tsentral'noi Rossii. – Science in Central Russia*, 2022; 3 (57): 7–13. DOI: 10.35887/2305-2538-2022-3-7-13 (in Russ.).
2. Buryanov A. I., Buryanov M. A., Chervyakov I. V., Kovtunov V. V. Sovershenstvovanie tekhnologii uborki sorgo [Improvement of sorghum harvesting technology]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii. – Grain Farming in Russia*, 2017; 4 (52): 45–48. EDN: ZEVUNB (in Russ.).
3. Buryanov A. I., Chervyakov I. V. Using combines for cleaning grain crops by non-traditional technologies. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2019; 59: 27–32. DOI: 10.35633/INMATEH-59-03.
4. Berenshtein I. B., Shabanov N. P. Novye vozmozhnosti tekhnologii "neveika" pri uborke zernovykh kul'tur [New possibilities of "unwinnowed grain" technology when harvesting grain crops]. *Izvestiya sel'skokhozyaistvennoi nauki Tavridy. – News of Agricultural Science of Taurida*, 2018; 16 (179): 52–66. EDN: YTUJZZ (in Russ.).
5. Dzhamburshin A. S., Turymbetova G. D. Substantiation of expedient parameters and operating modes of the stripping device for harvesting grain crops in Kazakhstan. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 2017; 8: 691–698. EDN: YBFZPF.
6. Savin V. Yu. Zavisimost' stepeni drobleniya zerna pshenitsy ot chastoty vrashcheniya ochesyvayushchego ustroystva [The dependence of the degree of crushing of wheat grain on the frequency of rotation of the combing device]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*, 2018; 3 (58): 98–102. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.3.98 (in Russ.).
7. Aldoshin N. V., Kravchenko I. N., Kuznetsov Yu. A., Kalashnikova L. V., Korneev V. M. New working element of stripper header "OZON". *INMATEH – Agricultural Engineering*, 2018; 55: 69–74. EDN: XVKQWD.
8. Aldoshin N. V., Mosyakov M. A., Semichev S. V. Konstruktivno-tekhnologicheskaya skhema ochesyvayushchei zhatki dlya uborki belogo lyupina [Structural and technological scheme of a stripping header for harvesting white lupine]. *Agrarnyi vestnik Verkhnevolzh'ya. – Agrarian Bulletin of the Upper Volga region*, 2019; 4 (29): 79–85. DOI: 10.35523/2307-5872-2019-29-4-79-85 (in Russ.).
9. Semov I. N., Fesenko O. D. Issledovaniya universal'noi shirokozakhatnoi ochesyvayushchei zhatki s vozmozhnost'yu uborki soi [Research of a universal wide-cut stripper header with the ability to harvest soybeans]. *Surskii vestnik. – Sursky Bulletin*, 2021; 4 (16): 68–73. DOI: 10.36461/2619-1202\_2021\_04\_012 (in Russ.).
10. Sakharov V. A., Kuvshinov A. A., Maznev D. S. Vliyanie rezhimnykh parametrov raboty ochesyvayushchei zhatki na velichinu poter' pri uborke soi [Influence of operating parameters of the stripping header on the amount of losses during soybean harvesting]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2020; 4 (56): 135–141. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-14060 (in Russ.).

© Сахаров В. А., Кувшинов А. А., 2023

Статья поступила в редакцию 16.08.2023; одобрена после рецензирования 07.09.2023; принята к публикации 11.09.2023.

The article was submitted 16.08.2023; approved after reviewing 07.09.2023; accepted for publication 11.09.2023.

**Информация об авторах**

**Сахаров Владимир Александрович**, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0003-3471-301X, Author ID: 959033, [sakharov.v.a@mail.ru](mailto:sakharov.v.a@mail.ru);

**Кувшинов Алексей Алексеевич**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0002-6332-5406, Author ID: 898389, [kyaa@vniisoi.ru](mailto:kyaa@vniisoi.ru)

**Information about the authors**

**Vladimir A. Sakharov**, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0003-3471-301X, Author ID: 959033, [sakharov.v.a@mail.ru](mailto:sakharov.v.a@mail.ru);

**Alexey A. Kuvshinov**, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0002-6332-5406, Author ID: 898389, [kyaa@vniisoi.ru](mailto:kyaa@vniisoi.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 621.31

EDN FWQJHV

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_127

### Пиролизная технология для создания автономного электроснабжения

Жанна Григорьевна Сивцева<sup>1</sup>, Варвара Петровна Друзьянова<sup>2</sup>,  
Анастасия Валериевна Спиридонова<sup>3</sup>, Виктор Вацлавович Самуйло<sup>4</sup>,  
Елена Владимировна Панова<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Якутский индустриально-педагогический колледж имени В. М. Членова  
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

<sup>2,3</sup> Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова  
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

<sup>2,3</sup> Октемский филиал Арктического государственного агротехнологического университета  
Республика Саха (Якутия), Октемцы, Россия

<sup>4,5</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [jeannasivtseva@mail.ru](mailto:jeannasivtseva@mail.ru), <sup>2</sup> [druzvar@mail.ru](mailto:druzvar@mail.ru), <sup>3</sup> [savadf0706@mail.ru](mailto:savadf0706@mail.ru), <sup>5</sup> [panova1968@mail.ru](mailto:panova1968@mail.ru)

**Аннотация.** Дана краткая характеристика энергоснабжения Нюрбинского улуса. Приведена информация по газовым месторождениям Якутии. Отмечено, что в ближайшей перспективе подключение улуса к газовым сетям не предусматривается. Отопительная сеть в селах улуса функционирует на электрических котлах. С 1970-х годов энергоснабжение улуса обеспечивается электролинией в 110 кВ, протяженностью 394 км. В настоящее время участились аварийные отключения электричества ввиду высокого износа деревянных опор. Опасность заключается в том, что, если авария происходит в зимнее время, то наступает угроза замерзания жилых домов, объектов социальной инфраструктуры и производственных зданий. Для решения вышеприведенной проблемы предлагается внедрить в селах пиролизную технологию утилизации твердых отходов. Очищая окружающую среду от твердых отходов, попутно можно получать альтернативное топливо в виде пиролизного газа. Горючим компонентом в нем является метан, сходный по своим параметрам с природным газом. Проводя пирогаз через газовый генератор, можно получить электрическую энергию и, таким образом, создать автономную электрическую станцию.

**Ключевые слова:** отходы, пиролизная технология, горючий газ, переработка, модернизация, автономная когенерационная линия

**Для цитирования:** Сивцева Ж. Г., Друзьянова В. П., Спиридонова А. В., Самуйло В. В., Панова Е. В. Пиролизная технология для создания автономного электроснабжения // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 127–137. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_127.

Original article

### Pyrolysis technology for creating an autonomous power supply

Zhanna G. Sivtseva<sup>1</sup>, Varvara P. Druzyanova<sup>2</sup>, Anastasiya V. Spiridonova<sup>3</sup>,  
Viktor V. Samuilov<sup>4</sup>, Elena V. Panova<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Yakutsk Industrial and Pedagogical College named after V. M. Chlenov  
Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia

<sup>2,3</sup> North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov  
Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia

<sup>2,3</sup> Arctic State Agrotechnological University – Oktemsky Branch  
Republic of Sakha (Yakutia), Oktemtsy, Russia

<sup>4,5</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [jeannasivtseva@mail.ru](mailto:jeannasivtseva@mail.ru), <sup>2</sup> [druzvar@mail.ru](mailto:druzvar@mail.ru), <sup>3</sup> [savadf0706@mail.ru](mailto:savadf0706@mail.ru), <sup>5</sup> [panova1968@mail.ru](mailto:panova1968@mail.ru)

**Abstract.** A brief description of the energy supply state in Nyurbinsky ulus is given. The

article gives the gas fields information in Yakutia. It is noted that in the near future there are no plans to connect the ulus to gas networks. The heating network in the villages there operates on electric boilers. Since the 1970s, the power supply of the ulus has been provided by an electric line of 110 kV, with a length of 394 km. Currently, emergency power outages have become more frequent due to the high wear of wooden supports. The danger lies in the fact that if an accident occurs in winter, then there is a threat of freezing of residential buildings, social infrastructure and industrial buildings. To solve problem mentioned above, it is proposed to introduce pyrolysis technology for solid waste disposal in villages. By cleaning the environment from solid waste, it is possible to obtain alternative fuel in the form of pyrolysis gas along the way. The combustible component in it is methane, similar in its parameters to natural gas. By conducting pyrolysis through a gas generator, there's a possibility to obtain electrical energy and, thus, create an autonomous electric station.

**Keywords:** waste, pyrolysis technology, combustible gas, processing, modernization, autonomous cogeneration line

**For citation:** Sivtseva Zh. G., Druzyanova V. P., Spiridonova A. V., Samuilo V. V., Panova E. V. Piroliznaya tekhnologiya dlya sozdaniya avtonomnogo elektrosnabzheniya [Pyrolysis technology for creating an autonomous power supply]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 3: 127–137. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_127.

**Введение.** Якутия – самый крупный регион Российской Федерации; более того, это самая большая административно-территориальная единица в мире. Якутия является самым холодным местом на планете. Перепад температур составляет более 70 °С. В этих условиях стоит задача создания на огромной территории республики условий для комфортного проживания населения, прежде всего, обеспечения теплом и светом. Качественное энерго- и теплоснабжение в условиях отсутствия инфраструктуры и огромной территории является для республики сложной задачей, особенно в ее северных районах [1].

Одной из основных проблем является энергобезопасность Вилюйских районов, так как с 1970-х годов энергоснабжение обеспечивается линией электропотребления мощностью 110 кВ. Она имеет протяженность 394 км, построена в одноцепном исполнении на деревянных опорах. В настоящее время линия достигла высокого износа и с трудом справляется с возросшим энергопотреблением [1, 2].

В связи со значительным уровнем затрат, необходимых для комплексной газификации Нюрбинского и Сунтарского улусов, и существенным ограничением выделяемых средств, ее возможность в настоящее время отсутствует. В этой связи опасность заключается в том, что если авария возникает в зимние месяцы, то наступает угроза замерзания по всей территории Нюрбинского улуса – поскольку отопление помещений в улусах осуществляется электрическими котлами.

Для решения этой проблемы можно использовать технологии по производству альтернативной энергии. Мы предлагаем внедрить пиролизную технологию, позволяющую утилизировать твердые отходы и получать сопутствующий продукт в виде пирогаза – альтернативного источника энергии.

Пиролиз – термическое разложение органических соединений без доступа воздуха. Его также можно назвать сухой перегонкой, а в качестве сырья могут использоваться различные газообразные углеводороды (этан, пропан), сырая нефть; соединения, содержащие органические компоненты. Также можно утилизировать древесные и пластиковые отходы, отработанные резинотехнические изделия, уголь, торф и др. [2–4].

Метод термической обработки отходов обеспечивает их высокоэффективное обезвреживание и использование в качестве топлива и химического сырья, что способствует созданию малоотходных и безотходных технологий, а также рациональному использованию природных ресурсов [5–8].

В зависимости от температуры процесса пиролиз подразделяется на следующие виды:

1. *Низкотемпературный или полукоксование (450–550 °С).* Для данного вида пиролиза характерны максимальный выход жидких и твердых (полукоксы) остатков и минимальный выход пиролизного газа с максимальной теплотой сгорания. Метод подходит для получения первич-



ной смолы – ценного жидкого топлива, а также для переработки некондиционного каучука в мономеры, являющиеся сырьем для вторичного создания каучука. Полукокс можно использовать в качестве энергетического и бытового топлива.

2. *Среднетемпературный или среднетемпературное коксование (до 800 °С)* дает выход большего количества газа с меньшими теплотой сгорания и количеством жидкого остатка и кокса.

3. *Высокотемпературный пирогаз или коксование (900–1050 °С)*. Здесь наблюдаются минимальный выход жидких и твердых продуктов и максимальная выработка газа с минимальной теплотой сгорания – высококачественного горючего, пригодного для далеких транспортировок. В результате уменьшаются количество смолы и содержание в ней ценных легких фракций.

В результате утилизации растительных и твердых отходов на выходе из пиролизной установки образуется горючий газ с высокой теплотой сгорания, а также различные твердые вещества, которые можно пускать на вторичное производство различных экологически чистых изделий.

В пиролизной установке можно также утилизировать органические бытовые отходы, полиэтилены, твердые бытовые отходы, отходы лесной промышленности (щепа, ветки) [9, 10].

На сегодняшний день во всем мире переработка отходов деревообрабатывающей и сельскохозяйственной промышленности рассматривается как один из способов получения возобновляемого источника энергии. Переработка растительного сырья с высоким содержанием органики (до 50 %), в частности, путем пиролиза, является перспективным методом получения газообразного и твердого топлива [11, 12, 13–15, 16, 17].

Переработка твердых масс отходов позволит не только очистить окружающую среду, но и даст возможность создать автономные энергонезависимые линии электропередач. Переработка и утилизация отходов является одной из самых актуальных и требующих особого внимания проблем, поскольку энерго- и ресурсосбережение выступают одними из приоритетных направлений в развитии многих

отраслей промышленности. Это связано, в первую очередь, со значительной неопределенностью цен на рынке энергоносителей, что затрудняет принятие решений по развитию производственных предприятий.

Большинство технологических установок в стране проектировались и вводились в эксплуатацию в середине двадцатого столетия. За прошедшее время изменились требования к экологической безопасности и появились стандарты по жизненному циклу производимой продукции. Утилизация замыкает жизненный цикл продукта и одновременно может производить, наряду с ценными материалами, альтернативные источники энергии, что позволяет решать и задачи энерго- и ресурсосбережения.

**Материалы и методы исследования.** С 1970-х годов энергоснабжение Нюрбинского, Сунтарского, Вилюйского и Верхневилуйского районов Якутии обеспечивает ЛЭП 110 кВ «Сунтар – Нюрба – Верхневилуйск – Вилюйск». Эта линия протяженностью 394 км построена в одноцепном исполнении на деревянных опорах. В настоящее время она достигла высокого износа и с трудом справляется с возросшим энергопотреблением.

С 2010 года электропотребление снабжаемых по ЛЭП районов увеличилось более чем вдвое; ежегодный прирост составляет в среднем 5 МВт. В планах правительства республики заложено строительство новой линии с использованием стальных опор, которые менее подвержены лесным пожарам и неблагоприятным погодным явлениям. Помимо этого, проектом предполагается реконструкция подстанций «Сунтар» и «Нюрба». Сейчас ведутся проектно-изыскательские работы. На реализацию проекта «Якутскэнерго» планирует направить более трех миллиардов рублей.

В последние годы, в связи с сильным износом деревянных опор, участились случаи аварийных отключений, причинами которых явились повреждения опор и обрывание проводов линий. Опасность в том, что, если авария возникает в зимние месяцы, то наступает угроза замерзания по всей территории улуса.

Для обоснования и уточнения эксплуатационных и выходных параметров

пиролизной установки ГВА-1 проведены натурные опыты на сосновых опилках.

При исследованиях выявлены недочеты в конструкции установки и неисправности, которые были зафиксированы и устранены. Проведена модернизация в целях повышения коэффициента полезного действия и стабильной работы самой пиролизной установки (табл. 1).

Обратный клапан (рис. 1) не справляется с нагрузкой. Ввиду отсутствия взрывного клапана в гидрозатворе повышается давление, и вода с бака обратно выталкивается в терморектор, что ведет к остановке процесса.

Поэтому в бак гидрозатвора установили взрывной клапан (рис. 2), а также добавили патрубков для загрузки воды.

Также были добавлены кожухи на электронагреватели патронного типа (ТЭН) в количестве трех штук (рис. 3). Кожухи установлены для исключения налипания продуктов сгорания на поверхности ТЭН. Таким образом, срок службы нагревателей значительно увеличен.

Для изоляции на три электронагревателя были одеты трубы длиной 300 мм с диаметром 22 мм. Последующие эксперименты проводили на установке с защитными кожухами на ТЭН.

Допустимая максимальная температура нагревания ТЭН достигает 300 °С. Материал трубы подобран с учетом температуры плавления металла. Температура плавления стали – 1 300–1 400 °С, что находится в пределах допустимой максимальной температуры ТЭН, поэтому можно использовать сталь любой марки.

Для разработки защитных кожухов была использована стальная труба диаметром 25 мм и высотой 1,35 м.

Таким образом, на этапе работ по ознакомлению с принципом работы пиролизной установки ГВА-1 нами устранены следующие недостатки:

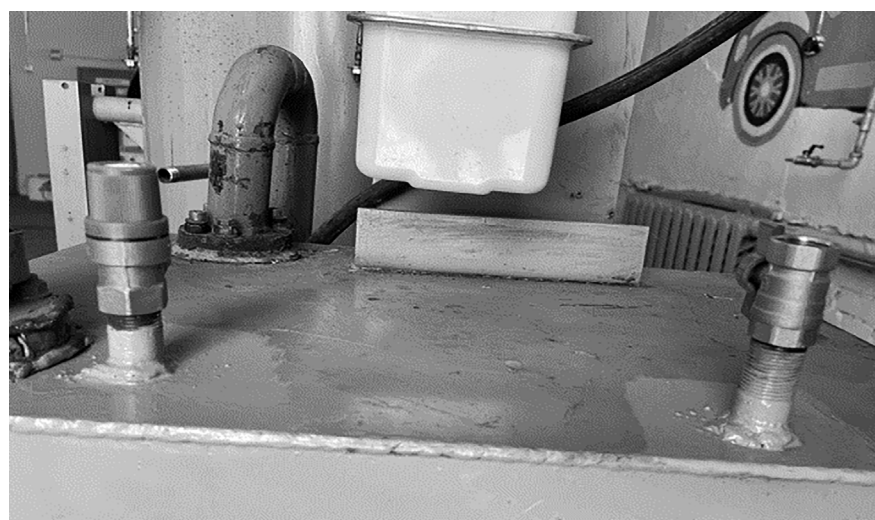
1. Слабая герметичность терморектора.
2. Водяной конденсат обратно закачивается в терморектор.

**Таблица 1 – Неисправности и пути модернизации пиролизной установки**  
**Table 1 – Malfunctions and ways to modernize the pyrolysis plant**

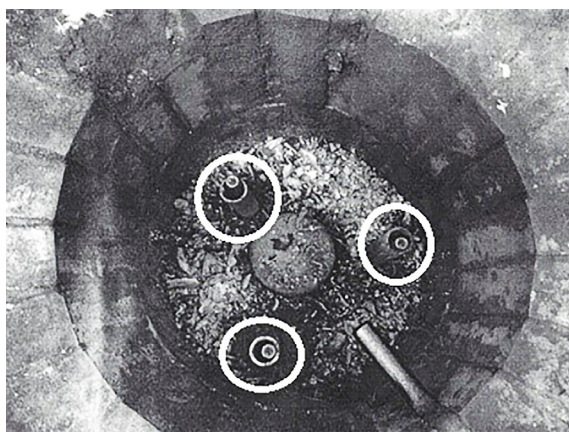
Неисправности	Направления модернизации
<b>Нестабильность работы:</b> конденсат газа (вода) попадает обратно в терморектор, что приводит к остановке процесса	<b>Стабильность процесса:</b> установка отстойника для удаления конденсата газа (воды) между терморектором и гидрозатвором
<b>Проблемы с герметизацией:</b> каждый раз необходимо перед загрузкой сырья очищать верхний обод терморектора от накопившегося и засохшего герметика, затем герметизировать крышку и ждать полного высыхания (сутки и более); ненадежное крепление крышки терморектора; при нагреве крышки резьбы обычных болтов размягчаются, происходит срыв крышки	<b>Герметизация:</b> герметик заменяется на асбестовую (ленту) веревку; обычные резьбовые болты заменяют на более надежные закаленные болты
<b>Электронные приборы показателей:</b> отсутствуют независимые приборы для снятия текущих показателей	<b>Автономность показателей:</b> установка механических манометров и термометров
<b>Небезопасность:</b> отсутствие клапана аварийного сброса излишнего давления от гидрозатвора и терморектора при длительном процессе пиролиза отхода; отсутствие автоматического выключателя электропитания трубчатых электронагревателей (дифференциальный автомат)	<b>Безопасность:</b> установка взрывного клапана в гидрозатворе; установка клапана аварийного сброса давления газа; установка автоматического выключателя электропитания; дифференциальный автомат



**Рисунок 1 – Общий вид установки ГВА-1 с обратным клапаном**  
**Figure 1 – General view of the GVA-1 installation with a check valve**



**Рисунок 2 – В бак гидрозатвора установлены взрывной клапан (слева) и патрубок для загрузки воды (справа)**  
**Figure 2 – An explosive valve (left) and a patube for loading water (right) are installed in the hydraulic lock tank**



**Рисунок 3 – Общий вид электронагревателей с кожухами**  
**Figure 3 – General view of heating elements with casings**

3. Термоэлектрические нагреватели представляют открытые трубчатые электронагреватели, поэтому в процессе утилизации отходов происходит налипание продуктов сгорания на их поверхности, что выводит их из строя.

**Результаты исследований и их об-суждение.** После приведения установки в надлежащее состояние проведены натурные исследования по пиролизу сосновых опилок. Результаты приведены в таблице 2.

Заявленные параметры пиролизной установки ГВА-1 следующие: 10 кг опилок были утилизированы за 8 часов с получением 40 куб. м пирогаза. Соответственно, из 1 кг опилок получено 4 куб. м пирогаза.

В наших опытах из 1 кг опилок получено 0,2 куб. м пирогаза. И в том, и в другом вариантах влажность опилок составляла 15–20 %, дисперсность – 1–5 мм, плотность – 150–200 кг/куб. м. Таким образом, заявленные параметры не подтвердились.

Загружаемый в реактор пиролизной установки отход должен иметь влажность от 2 до 50 %. В связи с этим древесные отходы были подвергнуты сушке при температуре 100 °С (табл. 3).

Затем каждый вид отхода подвергался пиролизу в установке ГВА-1 при температуре 300 °С. Результаты показаны в таблице 4.

**Таблица 2 – Факторы и параметры процесса пиролиза сосновых опилок**

**Table 2 – Factors and parameters of the pyrolysis process of pine sawdust**

Факторы	Параметры
Температура окружающей среды – от 20 до 21 °С	Потребление электроэнергии – 3–3,3 кВт·ч
Масса сырья – 2,5 кг	Объем полученного газа – 0,103–0,105 м <sup>3</sup>
Начальная температура сырья – 10–11 °С	Масса отработавшего сырья – 0,500–0,55 кг
Начальная влажность сырья – 15–20 %	Масса несгоревшего сырья – 1,95–2 кг
Начальная фракция сырья – 1–5 мм	Время эксперимента – 112 мин.
	Потенциальный выход газа – 2,3–2,5 м <sup>3</sup>
	«Потерянный» объем газа – 1,15–1,25 м <sup>3</sup>

**Таблица 3 – Влажность древесных отходов**

**Table 3 – Humidity of wood waste**

Показатели	Вид древесных отходов		
	сосновая опилка	пылевидные опилки	древесная щепа
Масса опилок с тарой влажная, г	283,11–358,39	280,04–322,88	359,27–598,14
Масса опилок влажная, г	61,37–67,35	51,20–99,26	143,45–253,82
Масса тары, г	215,76–297,02	228,84–223,62	215,82–344,32
Масса опилок с тарой сухая, г	280,13–355,64	95,65–268,93	117,04–164,12
Масса опилок сухая, г	58,62–64,37	40,09–319,27	332,86–508,44
Температура сушки, °С	100	100	100
Влажность, %	4,6–4,7	2,7–3,7	22,5–54,9

**Таблица 4 – Результаты выбросов веществ из древесного отхода**

**Table 4 – Results of emissions of substances from wood waste**

Виды древесного отхода	Оксид углерода, %	Метан, %	Кислород, %	Прочие токсичные выбросы, %
Древесная щепа	0,27	90,35	0	0
Древесная опилка	0,02	90,60	0	0
Пылевидная опилка	0,43	90,19	0	0



**Рисунок 4 – Проверка автономной когенерационной линии на пиролизной технологии**

**Figure 4 – Verification of an autonomous cogeneration line using pyrolysis technology**

Как видно из таблицы, максимальное содержание оксида углерода имеет пирогаз от пылевидной опилки (0,43 %). Среднее значение содержания метана у пирогаза от древесной щепы (90,35 %). Из 1 кг древесной щепы получили 0,15 куб. м пирогаза.

Однако, лучшие показатели по содержанию оксида углерода имеет пирогаз, производимый из древесной опилки – всего лишь 0,02 %. Также по содержанию метана лучшие показатели у древесной опилки – 90,6 %. Из 1 кг опилок получено 0,12–0,13 куб. м пирогаза.

Начальным этапом был переходный процесс, при котором скорость выработки топливного газа интенсивно возрастала. По окончании переходного процесса скорость выработки приобретала постоянный характер, то есть наступала стадия так называемого периода устойчивой выработки.

После достижения устойчивой работы установки, а именно с получением

пирогаза, поддерживающего процесс горения, к линии добавили генератор и потребитель энергии – настольную лампу Citilux Ньютон с мощностью 6 Вт, напряжением 220 В.

Выбран генератор гибридный газобензиновый марки HG. Он работает на бензине АИ-92, пропано-бутановой смеси, метане. Номинальная мощность генератора при 220 В составляет 5,3 кВт.

Накопив достаточный объем пирогаза в баллонах, начали запуск генератора с различными диаметрами жиклеров при входе газа в камеру сгорания. Были проверены жиклеры со следующими диаметрами: 15; 20 и 35 мм.

Эффективная работа генератора была достигнута на жиклере с диаметром 35 мм.

Проверка подачи электричества осуществлена лампой Citilux Ньютон (рис. 4).

Таким образом, нами установлены и обоснованы следующие факторы, влияю-

щие на преобразование пирогаза в электрическую энергию:

- 1) сырье – древесная опилка с влажностью 4,6–4,7 %;
- 2) размеры фракции опилки – от 1 до 5 мм;
- 3) состав пирогаза – метан 90,6 %; оксид углерода – 0,02 %;
- 4) диаметр жиклера генератора составляет 35 мм;
- 5) с 1 куб. м пирогаза можно получить до 5 кВт·ч электроэнергии.

**Заключение.** Таким образом, установлены и обоснованы следующие факторы, влияющие на преобразование пирогаза в электрическую энергию:

1. Обоснованы вид и параметры древесного сырья для утилизации в пиролизной установке ГВА-1: наилучшими оказались опилки с размерами фракций 1–5 мм; влажностью 4,6–4,7%.
2. Высота загрузки опилок в термореактор составляет 30 см.
3. Масса загружаемых опилок равна 3,8 кг.

### Список источников

1. Афанасьев Д. Е. Энергосбережение в сельском хозяйстве Якутии. Якутск : Полиграфист, 1995. 221 с.
2. Семенов Н. И., Точигин А. А., Мамаев В. А., Одинария Г. Э. Гидродинамика газо-жидкостных смесей в трубах. М. : Недра, 1969. 208 с.
3. Андронов А. В., Леканова Т. Л. Обоснование эффективности внедрения энергосберегающих технологий в индивидуальной системе теплоснабжения // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6.
4. Спиридонова А. В., Друзьянова В. П. Пиролизная технология в животноводстве // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 2 (58). С. 152–159. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-2-152-159.
5. Андронов А. В., Леканова Т. Л. Повышение эффективности работы теплогенератора для малозатратного получения тепловой энергии // Восточно-Европейский научный журнал. 2015. № 1. С. 5–9.
6. Александров И. Ю., Друзьянова В. П., Савватеева И. А., Кокиева Г. Е. Электроэнергия из биогаза // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 5 (187). С. 139–145.
7. Александров И. А., Андросов Ю. А., Соколов Д. А., Охлопкова М. К., Спиридонова А. В., Тарабукина О. К. Исследование технологии получения пеллетов // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 12. С. 85–87.
8. Спиридонова А. В., Друзьянова В. П., Рожина М. Я. Оборудование для переработки вторичного сырья // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 11. С. 88–91.
9. Друзьянова В. П. Энергосберегающая технология переработки навоза крупного рогатого скота : дис. ... докт. техн. наук. Улан-Удэ, 2016. 281 с.
10. Спиридонова А. В., Друзьянова В. П., Тарануха В. П., Глушков В. А. Применение пиролизной установки ГВА-1 в лаборатории Северо-Восточного федерального университета // Интеграция науки, образования и производства : материалы XI междунар. науч.-техн. конф. Ижевск : Ижевский государственный технический университет, 2016. С. 76–82.
11. Агропромышленный комплекс Якутской АССР / под ред. Н. Н. Тихонова. Якутск : Якутское книжное издательство, 1988. 190 с.
12. Адлер Ю. П., Макарова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М. : Наука, 1976. 280 с.
13. Глушков В. А. Разработка и исследование автоматизированной установки пиролиза растительного сырья с целью повышения выхода топливного газа : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ижевск, 2006. 16 с.

14. Глушков В. А., Тарануха В. П., Печенкин А. Ю., Русяк И. Г. Технологические режимы получения энергоносителей путем переработки биомассы. Ижевск : Ижевский государственный технический университет, 2011. 112 с.

15. Глушков В. А., Ушаков П. А. Анализ способов получения энергии из растительного сырья // Проблемы энергосбережения и экологии в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах : материалы VII междунар. науч.-практ. конф. Пенза : Пензенский государственный университет, 2006. С. 75–78.

16. Спиридонова А. В., Друзьянова В. П., Рожина М. Я. Обеспечение экологической безопасности в сельскохозяйственном производстве // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 11. С. 84–88.

17. Теплоэнергетика и теплотехника: общие вопросы : справочник / под ред. А. В. Клименко, В. М. Зорина. М. : Московский энергетический институт, 1999. 528 с.

### References

1. Afanasyev D. E. *Energoberezhenie v sel'skom khozyaistve Yakutii [Energy saving in agriculture of Yakutia]*, Yakutsk, Poligrafist, 1995, 221 p. (in Russ.).

2. Semenov N. I., Tochigin A. A., Mamaev V. A., Odinariya G. E. *Gidrodinamika gazozhidkostnykh smesei v trubakh [Hydrodynamics of gas-liquid mixtures in pipes]*, Moskva, Nedra, 1969, 208 p. (in Russ.).

3. Andronov A. V., Lekanova T. L. *Obosnovanie effektivnosti vnedreniya energoberegayushchikh tekhnologii v individual'noi sisteme teplosnabzheniya [Justification of the effectiveness of introducing energy-saving technologies in an individual heat supply system]*. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. – Modern problems of science and education, 2014; 6 (in Russ.).

4. Spiridonova A. V., Druzyanova V. P. *Piroliznaya tekhnologiya v zhivotnovodstve [Pyrolysis technology in livestock farming]*. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*. – *Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2021; 2 (58): 152–159. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-2-152-159 (in Russ.).

5. Andronov A. V., Lekanova T. L. *Povyshenie effektivnosti raboty teplogeneratora dlya malozatratnogo polucheniya teplovoi energii [Increasing the efficiency of the heat generator for low-cost production of thermal energy]*. *Vostochno-Evropejskij nauchnyy zhurnal*. – *Eastern European Scientific Journal*, 2015; 1: 5–9 (in Russ.).

6. Aleksandrov I. Yu., Druzyanova V. P., Savvateeva I. A., Kokieva G. E. *Elektroenergiya iz biogaza [Electricity from biogas]*. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2020; 5 (187): 139–145 (in Russ.).

7. Aleksandrov I. A., Androsov Yu. A., Sokolov D. A., Okhlopko M. K., Spiridonova A. V., Tarabukina O. K. *Issledovanie tekhnologii polucheniya pelletov [Research into pellet production technology]*. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya*. – *Scientific and Technical Bulletin of the Volga region*, 2020; 12: 85–87 (in Russ.).

8. Spiridonova A. V., Druzyanova V. P., Rozhina M. Ya. *Oborudovanie dlya pererabotki vtorichnogo syr'ya [Equipment for processing secondary raw materials]*. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya*. – *Scientific and Technical Bulletin of the Volga region*, 2018; 11: 88–91 (in Russ.).

9. Druzyanova V. P. *Energoberegayushchaya tekhnologiya pererabotki navoza krupnogo rogatogo skota [Energy-saving technology for processing cattle manure]*. *Doctor's thesis*. Ulan-Ude, 2016, 281 p. (in Russ.).

10. Spiridonova A. V., Druzyanova V. P., Taranukha V. P., Glushkov V. A. *Primenenie piroliznoi ustanovki GVA-1 v laboratorii Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta [Application of the GVA-1 pyrolysis unit in the laboratory of the North-Eastern Federal University]*.

Proceedings from Integration of science, education and production: *XI Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya – XI International Scientific and Technical Conference*. (PP. 76–82), Izhevsk, Izhevskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2016 (in Russ.).

11. Tikhonov N. N. (Eds.). *Agropromyshlenniy kompleks Yakutskoi ASSR [Agro-industrial complex of the Yakut Autonomous Soviet Socialist Republic]*, Yakutsk, Yakutskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1988, 190 p. (in Russ.).

12. Adler Yu. P., Makarova E. V., Granovskii Yu. V. *Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh uslovii [Planning an experiment when searching for optimal conditions]*, Moskva, Nauka, 1976, 280 p. (in Russ.).

13. Glushkov V. A. *Razrabotka i issledovanie avtomatizirovannoi ustanovki piroliza rastitel'nogo syr'ya s tsel'yu povysheniya vykhoda toplivnogo gaza [Development and research of an automated plant for pyrolysis of plant raw materials in order to increase the yield of fuel gas]. Extended abstract of candidate's thesis*. Izhevsk, 2006, 16 p. (in Russ.).

14. Glushkov V. A., Taranukha V. P., Pechenkin A. Yu., Rusyak I. G. *Tekhnologicheskie rezhimy polucheniya energonositelei putem pererabotki biomassy [Technological modes of obtaining energy carriers by processing biomass]*, Izhevsk, Izhevskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2011, 112 p. (in Russ.).

15. Glushkov V. A., Ushakov P. A. *Analiz sposobov polucheniya energii iz rastitel'nogo syr'ya [Analysis of methods for obtaining energy from plant materials]*. Proceedings from Problems of energy saving and ecology in industrial and housing and communal complexes: *VII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya – XI International Scientific and Practical Conference*. (PP. 75–78), Penza, Penzenskij gosudarstvennyj universitet, 2006 (in Russ.).

16. Spiridonova A. V., Druzyanova V. P., Rozhina M. Ya. *Obespechenie ekologicheskoi bezopasnosti v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve [Ensuring environmental safety in agricultural production]. Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya. – Scientific and Technical Bulletin of the Volga region*, 2018; 11: 84–88 (in Russ.).

17. Klimenko A. V., Zorin V. M. (Eds.). *Teplotekhnika i teploenergetika: obshchie voprosy: spravochnik [Thermal power engineering and heating engineering: general questions: handbook]*, Moskva, Moskovskij energeticheskij institut, 1999, 528 p. (in Russ.).

© Сивцева Ж. Г., Друзьянова В. П., Спиридонова А. В., Самуйло В. В., Панова Е. В., 2023

Статья поступила в редакцию 05.06.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; принята к публикации 14.09.2023.

The article was submitted 05.06.2023; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 14.09.2023.

### Информация об авторах

**Сивцева Жанна Григорьевна**, преподаватель специальных дисциплин, Якутский индустриально-педагогический колледж имени В. М. Членова, [jeannasivtseva@mail.ru](mailto:jeannasivtseva@mail.ru);

**Варвара Петровна Друзьянова**, доктор технических наук, профессор, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, Октёмский филиал Арктического государственного агротехнологического университета, [druzvar@mail.ru](mailto:druzvar@mail.ru);

**Спиридонова Анастасия Валериевна**, кандидат технических наук, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, Октёмский филиал Арктического государственного агротехнологического университета, [savadf0706@mail.ru](mailto:savadf0706@mail.ru);



**Самуйло Виктор Вацлавович**, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет;

**Панова Елена Владимировна**, кандидат технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, [panova1968@mail.ru](mailto:panova1968@mail.ru)

#### **Information about authors**

**Zhanna G. Sivtseva**, Special Subject Lecturer, Yakutsk Industrial and Pedagogical College named after V. M. Chlenov, [jeannasivtseva@mail.ru](mailto:jeannasivtseva@mail.ru);

**Varvara P. Druzyanova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Arctic State Agrotechnological University – Oktemsky Branch, [druzvar@mail.ru](mailto:druzvar@mail.ru);

**Anastasiya V. Spiridonova**, Candidate of Technical Sciences, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Arctic State Agrotechnological University – Oktemsky Branch, [savadf0706@mail.ru](mailto:savadf0706@mail.ru);

**Viktor V. Samuilo**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University;

**Elena V. Panova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, [panova1968@mail.ru](mailto:panova1968@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 636.087.7

EDN GSDZAN

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_138

### Новая гранулированная кормовая добавка на основе жира сардины тихоокеанской

Оксана Вацлавовна Табакаева<sup>1</sup>, Павел Алексеевич Шинкарук<sup>2</sup>,  
Антон Вадимович Табакаев<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Дальневосточный федеральный университет, Приморский край, Владивосток, Россия

<sup>3</sup> Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии  
имени Г. П. Сомова Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав

потребителей и благополучия человека, Приморский край, Владивосток, Россия

<sup>1</sup> [yankovskaya68@mail.ru](mailto:yankovskaya68@mail.ru)

**Аннотация.** Обеспечение оптимального уровня жира, жирных кислот и их соотношения в рационе сельскохозяйственных животных; улучшение качества комбикорма при использовании только зерновых кормов и традиционных источников энергии практически невозможны. Добавление жиров в рационы животных способствует повышению среднесуточных приростов, продуктивности, выживаемости, а также снижению затрат корма на единицу продукции. Это определяет актуальность и перспективность разработок новых жировых гранулированных кормовых добавок для сельскохозяйственных животных и птицы, в том числе и рыбных жиров. В настоящей статье представлены результаты разработки технологии получения гранулированной кормовой добавки для сельскохозяйственных животных на основе жира сардины тихоокеанской. Жир сардины тихоокеанской является перспективным источником липидов с высоким содержанием эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот, в том числе и уникальных, характерных только для морского сырья – эйкозопентаеновой и докозагексаеновой. Установлено, что наиболее приемлемым носителем, позволяющим использовать рыбный жир в массовой доле не менее 50 %, является диоксид кремния. Технология получения гранулированной кормовой добавки для сельскохозяйственных животных на основе жира сардины тихоокеанской состоит из дозирования компонентов (рыбный жир, диоксид кремния, гидрогенизированное соевое масло); перемешивания смеси; получения гранул путем горячей экструзии; охлаждения; дозирования гранул; дражирования гранул с созданием покрывающего слоя из гидрогенизированного соевого масла; сепарации гранул; фасовки и маркировки готового продукта.

**Ключевые слова:** кормовая гранулированная добавка, рыбный жир, сардина тихоокеанская

**Благодарности:** работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках достижения результатов федерального проекта «Передовые инженерные школы», соглашение № 075-15-2022 от 07.07.2022.

**Для цитирования:** Табакаева О. В., Шинкарук П. А., Табакаев А. В. Новая гранулированная кормовая добавка на основе жира сардины тихоокеанской // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 138–147. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_138.

Original article

### A new granular feed additive based on Pacific sardine fat

Oksana V. Tabakaeva<sup>1</sup>, Pavel A. Shinkaruk<sup>2</sup>, Anton V. Tabakaev<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Far Eastern Federal University, Primorsky krai, Vladivostok, Russia

<sup>3</sup> Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology named after G. P. Somov of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being Primorsky krai, Vladivostok, Russia

<sup>1</sup> [yankovskaya68@mail.ru](mailto:yankovskaya68@mail.ru)

**Abstract.** Ensuring the optimal level of fat, fatty acids and their ratio in the diet of farm ani-

imals; improving the quality of compound feed when using only grain feeds and traditional energy sources is practically impossible. The addition of fats to animal diets helps to increase average daily gains, productivity, survival, as well as reduce feed costs per unit of production. This determines the relevance and prospects of the development of new fat granular feed additives for farm animals and birds, including fish fats. This article presents the results of the development of technology for the production of granular feed additives for farm animals based on Pacific sardine fat. Pacific sardine fat is a promising source of lipids with a high content of essential polyunsaturated fatty acids, including unique ones characteristic only of marine raw materials – eicosapentaenoic and docosahexaenoic. It has been established that the most acceptable carrier that allows the use of fish oil in a mass fraction of at least 50 % is silicon dioxide. The technology for producing granular feed additives for farm animals based on Pacific sardine fat consists of dosing components (fish oil, silicon dioxide, hydrogenated soybean oil); mixing; granule producing by hot extrusion; cooling; granule dosing; granule pelleting with the creation of a coating layer of hydrogenated soybean oil; granule separation; packaging and labeling of the finished product.

**Keywords:** feed granulated additive, fish oil, Pacific sardine

**Acknowledgments:** the work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of achieving the results of the federal project "Advanced Engineering Schools", Agreement No. 075-15-2022 dated 07.07.2022.

**For citation:** Tabakaeva O. V., Shinkaruk P. A., Tabakaev A. V. Novaya granulirovannaya kormovaya dobavka na osnove zhira sardiny tikhookeanskoj [A new granular feed additive based on Pacific sardine fat]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2023; 17; 3: 138–147. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_138.

**Введение.** Развитие агропромышленного комплекса Российской Федерации является важнейшим и необходимым условием для обеспечения продовольственной безопасности страны и, следовательно, одним из основных приоритетов социально-экономической политики государства. Настоящий этап развития характеризуется наличием существенных вызовов, включающих в себя санкционное давление и необходимость расширения импортозамещения.

Развитие промышленного животноводства и птицеводства, а также других отраслей АПК напрямую связано с развитием комбикормовой промышленности. Основными ее проблемами являются: повышение питательной ценности комбикормов и кормовых добавок за счет создания их новых разновидностей с учетом научных достижений; увеличение коэффициента конверсии кормов; использование более дешевых видов местного сырья и расширение кормовой сырьевой базы с учетом районирования. Полноценное питание сельскохозяйственных животных и птицы обеспечивает эффективность производства и снижение издержек, поэтому требуется разработка новых рецептур и технологий производства высококачественных и экологически безопасных комбикормов [1].

В настоящее время ассортимент различных кормов и кормовых добавок для сельскохозяйственных животных и птиц является достаточно широким и составляет более 500 видов.

Массовые доли видов кормов достигают: 83,2 % – комбикорма, 5,4 % – растительные корма, 2,0 % – корма готовые для домашних животных, 0,9 % – добавки белково-витаминные, 0,6 % – премиксы и 7,9 % – прочие корма. Доля зернового сырья в составе комбикормов, производящихся в РФ, достигает 70–75 %, тогда как в странах Европы – не более 45 % от общего объема продукции (остальное приходится на кормовые добавки). Высокая доля зернового сырья в производстве комбикормов приводит к значительному увеличению стоимости кормов и животноводческой продукции и снижению конкурентоспособности на рынке [2].

Питание сельскохозяйственных животных и птицы должно полностью обеспечивать их необходимыми пищевыми веществами и энергией. Жиры необходимы животным не только как источник энергии, но и как вещество, в котором содержатся жирорастворимые витамины А, D, Е, К.

Основным источником энергии в комбикормах служат зерновые и другие растительные корма, которые не всегда

удовлетворяют потребность высокопродуктивных животных и птицы в обменной энергии и жирных кислотах. Поэтому в полнорационные комбикорма в качестве дополнительного источника энергии вводят растительные масла и животные жиры [3, 4].

Липиды принимают участие в промежуточном обмене веществ; тесно взаимодействуют со многими ферментами, гормонами и витаминами; входят в их состав; составляют основу нервной ткани и участвуют в передаче нервных импульсов; обеспечивают аккумуляцию, депонирование и транспорт энергии к клеткам и сами являются ее концентрированным источником; проявляют азотсберегающий эффект; используются для формирования жировой, мышечной и других тканей, для синтеза жира молока [5–8]. При недостатке жиров в рационе питания животных будет неполноценным. Способность жира усиливать рост животных приписывается наличию в нем ненасыщенных жирных кислот, некоторые из которых (линолевая, линоленовая, арахидоновая) являются незаменимыми [9].

Обеспечение оптимального уровня жира, жирных кислот и их соотношения в рационе сельскохозяйственных животных, улучшение качества комбикорма при использовании только зерновых кормов и традиционных источников энергии практически невозможны. Добавление жиров в рационы животных способствует повышению среднесуточных приростов, продуктивности, выживаемости, а также снижению затрат корма на единицу продукции. Следовательно, необходимы новые формы жиров [10].

На смену прежнему представлению о продуктивном действии жиров, скармливаемых животным, обусловленном лишь их высокой энергетической ценностью, пришло другое – о многостороннем метаболическом и регуляторном действии жиров, которое проявляется в их азотсберегающем эффекте; влиянии на синтез липидов, углеводов, белков и на использовании жирных кислот, глюкозы и аминокислот в энергетических процессах; на физико-химические свойства и проницаемость клеточных мембран [11].

Многие годы в российском животноводстве и птицеводстве используют ком-

бикорма пшеничного и пшенично-ячменного типа, поэтому актуально повышение их калорийности. В качестве источника энергии чаще всего выступают растительные масла. Однако, существуют определенные трудности при их использовании. В частности, при повышенной норме ввода масла ухудшается качество гранул и поедаемость корма; существует возможность прогоркания, а также отмечается не совсем оптимальный жирнокислотный состав [12]. Исходя из этого, целесообразным является использование жира рыб, который является отходом переработки, например, при переработке малоценного рыбного сырья.

**Целью исследования** является обоснование рецептуры и технологии гранулированной кормовой добавки на основе рыбного жира из промысловых рыб (сардины тихоокеанской) с высоким содержанием высоконепредельных полиненасыщенных жирных кислот (эйкозопентаеновой и докозогексаеновой).

**Материалы и методы исследования.** При разработке состава кормовой добавки были использованы следующие компоненты: промышленный рыбный жир из сардины дальневосточной, произведенный ООО «Доброфлот»; крахмал кукурузный; диоксид кремния; мальтодекстрин.

**Исследование жирнокислотного состава.** Метилловые эфиры жирных кислот были получены путем переэтерификации методом Carreau и Dubacq [13] и очищены с помощью тонкослойной хроматографии с использованием системы растворителей гексан-диэтиловый эфир (95:5). Затем снятую с пластинки зону элюировали в силикагеле с использованием гексана. Элюат концентрировали до минимального объема и анализировали с помощью газожидкостной хроматографии [14].

**Результаты исследований и их обсуждение.** На первом этапе проведены исследования жирнокислотного состава используемого жира сардины тихоокеанской, результаты которого представлены в таблице 1.

Полученные данные характеризуют жирнокислотный состав жира из тканей сардины тихоокеанской как широкий – всего определено 42 жирные кислоты. Среди них можно выделить мажорные жирные кислоты (содержание более 1 %) и минор-

**Таблица 1 – Жирнокислотный состав жира сардины тихоокеанской**  
**Table 1 – Fatty acid composition of Pacific sardine fat**

Код жирных кислот	Содержание, %
14:0	7,79±0,35
15:0-i	0,30±0,01
15:0-ai	0,14±0,00
15:0	0,51±0,02
i-16:0	0,13±0,00
16:0	17,96±0,80
16:1n-7	6,70±0,31
16:1n-5	0,30±0,01
17:0-i	0,44±0,02
17:0-a	0,20±0,01
17:0	0,42±0,02
17:1	0,72±0,03
i-18:0	0,28±0,01
ai-18:0	0,17±0,00
18:0	2,41±0,11
18:1n-9	9,00±0,41
18:1n-7	2,62±0,12
18:1n-5	0,51±0,02
18:2n-6	1,45±0,53
18:2n-4	0,31±0,01
18:3n-6	0,23±0,01
18:3n-3	0,94±0,04
18:4n-3	3,38±0,15
18:4n-1	0,22±0,01
20:0	0,18±0,00
20:1n-11	4,29±0,20
20:1n-9	2,16±0,11
20:1n-7	0,17±0,00
20:2n-6	0,20±0,01
20:3n-6	0,15±0,00
20:4n-6	0,60±0,03
20:3n-3	0,13±0,00
20:4n-3	1,05±0,05
20:5n-3	13,85±0,60
22:1n-11	4,73±0,23
21:4n-6	0,57±0,02
22:1n-9	0,11±0,00
21:5n-3	0,53±0,02
22:4n-6	0,14±0,00
22:5n-6	0,19±0,00
22:5n-3	2,11±0,11
22:6n-3	11,10±0,50
<i>Сумма насыщенных жирных кислот</i>	<i>30,93±1,48</i>
<i>Сумма мононенасыщенных жирных кислот</i>	<i>31,31±1,52</i>
<i>Сумма полиненасыщенных жирных кислот</i>	<i>36,93±1,80</i>
<i>Всего</i>	<i>99,39±4,45</i>

ные (содержание менее 1 %). Большинство составляют минорные кислоты (27); мажорных насчитывается 15. Однако по содержанию мажорные кислоты составляют 83,9 %, на минорные приходится всего 15,49 %.

Насыщенные жирные кислоты и мононенасыщенные жирные кислоты характеризуются примерно одинаковым содержанием. Полиненасыщенные жирные кислоты являются преобладающим классом – 36,93 %.

Среди насыщенных жирных кислот преобладают пальмитиновая и миристиновая кислоты, среди мононенасыщенных жирных кислот – олеиновая, гадолиновая и эруковая кислоты. Традиционно исследованный жир характеризуется высоким содержанием уникальных жирных кислот, характерных для морского сырья [15]. Данный жир содержит около 14 % эйкозапентаеновой и 11 % докозагексаеновой кислот, что составляет практически четверть от всех жирных кислот.

В качестве антиоксидантов использован синергичный состав, содержащий

синтетический антиоксидант этоксивин, витамин Е и салициловую кислоту.

Для достижения поставленной цели в качестве носителей были выбраны мальтодекстрин, крахмал и диоксид кремния. Массовая доля жира сардины тихоокеанской составляла 25; 50; 75 %.

Первоначальным признаком определили органолептический – внешний вид, вторичным – устойчивость в хранении, также устанавливаемая по внешнему виду. Использовался метод холодного смешивания. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Представленные в таблице данные демонстрируют, что мальтодекстрин и кукурузный крахмал являются неподходящими носителями для получения твердого жира сардины тихоокеанской с точки зрения технологичности. Наиболее приемлемым является диоксид кремния, однако массовая доля жира сардины иваси не должна превышать 50 %.

Физико-технологические свойства экспериментальных образцов представлены в таблице 3.

**Таблица 2 – Органолептические показатели экспериментальных образцов**  
**Table 2 – Organoleptic characteristics of experimental samples**

Носитель	Массовая доля жира сардины тихоокеанской, %								
	внешний вид после получения			внешний вид после 24 часов хранения с доступом воздуха			внешний вид после 24 часов хранения без доступа воздуха		
	25	50	75	25	50	75	25	50	75
Мальтодекстрин	влажный порошок светло-желтого цвета	существенно влажный порошок светло-желтого цвета	очень влажный порошок светло-желтого цвета	твердая каменная масса			твердая каменная масса		
Крахмал кукурузный	слегка влажный порошок светло-желтого цвета	влажный порошок светло-желтого цвета	существенно влажный порошок светло-желтого цвета	твердая каменная масса			слегка влажный порошок светло-желтого цвета	твердая каменная масса	
Диоксид кремния	сухой порошок светло-желтого цвета	слегка влажный порошок светло-желтого цвета	существенно влажный порошок светло-желтого цвета	слегка влажный порошок светло-желтого цвета	твердая каменная масса		слегка влажный порошок светло-желтого цвета	твердая каменная масса	

**Таблица 3 – Физико-технологические свойства экспериментальных образцов**  
**Table 3 – Physical and technological properties of experimental samples**

Физико-технологические свойства	Массовая доля жира сардины тихоокеанской, %	
	25	50
Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	498	615
Угол естественного откоса, град.	53	55
Сыпучесть, кг/см <sup>2</sup> ·с	0,0041	0,0039

Величина угла естественного откоса кормовой добавки не превышает 53° и сходна по этому показателю с рядом компонентов комбикормового производства (мясокостная мука – 48–51°, рыбная мука – 43–56°). Показатель степени сыпучести является одним из важных физико-механических свойств, определяющих качество продукта. Сравнительно большему углу естественного откоса соответствует и сыпучесть кормовой добавки (0,0039–0,0041 кг/см<sup>2</sup>·с).

Последующие эксперименты проводили с диоксидом кремния при массовой доле жира сардины тихоокеанской 50 %. Также в жировой фазе использовано гидрогенизированное соевое масло, выполняющее роль пластификатора при получении гранул.

Рецептура смеси для получения гранул кормовой добавки на основе жира сардины тихоокеанской была следующей: жир сардины тихоокеанской – 54 %, синергичная смесь антиоксидантов – 1 %, диоксид кремния – 30 %, гидрогенизированное соевое масло – 15 %.

Следующим этапом научных исследований стала разработка технологии производства кормовой добавки. Изготовление гранулированной жировой добавки представляет собой точное дозирование (в соответствии с рецептурой), качественное смешивание и равномерное распределение компонентов, а также обеспечение сохранности активности вводимых добавок в процессе изготовления, транспортировки и хранения. Технология производства гранулированной жировой добавки заключается в смешивании нескольких компонентов в соответствии с рецептурой, с последующей грануляцией и защитой гранул.

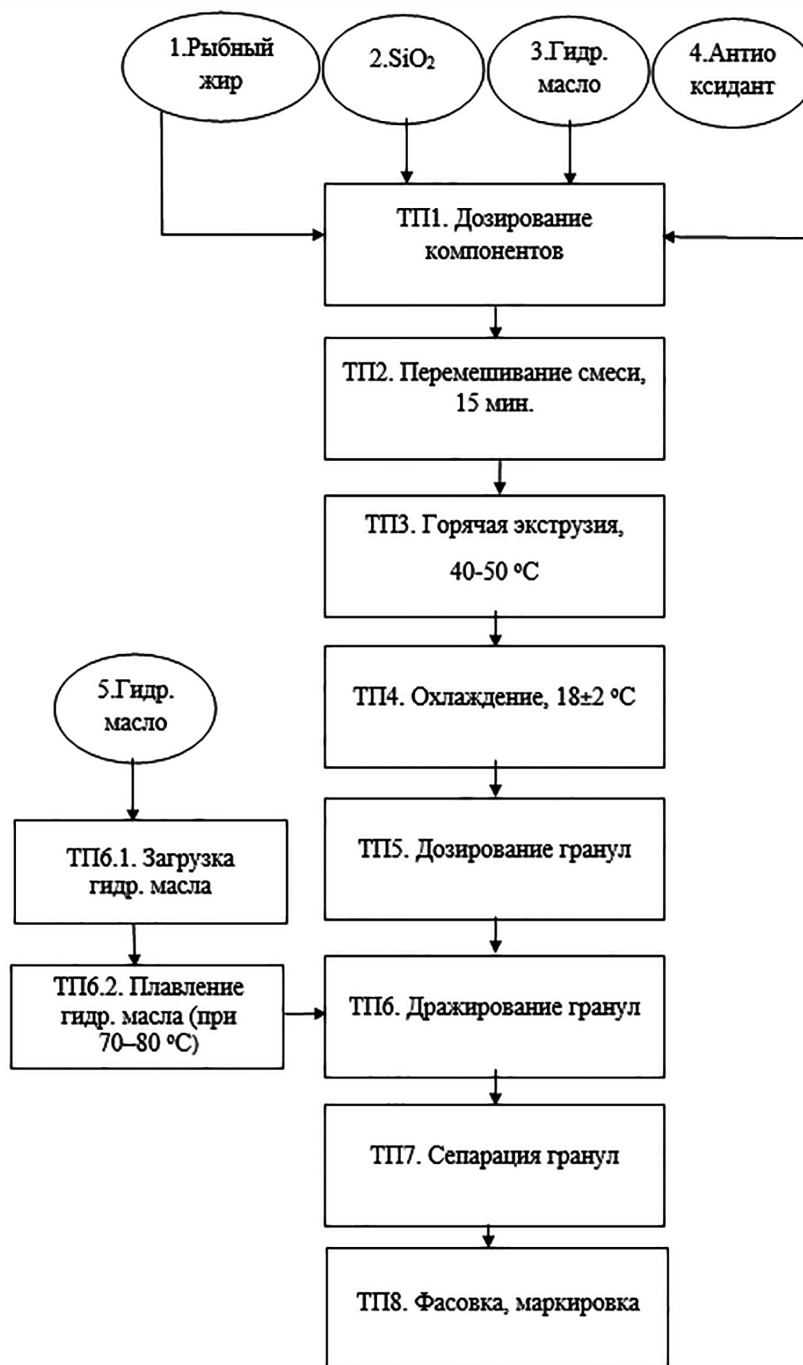
Технологическая схема получения гранулированной кормовой добавки на ос-

нове жира сардины тихоокеанской представлена на рисунке 1. Технологический процесс производства состоит из одной технологической линии. В состав технологического процесса входят следующие операции: 1) прием сырья (жир сардины тихоокеанской, диоксид кремния, антиоксидант, гидрогенизированное масло); 2) дозирование компонентов согласно рецептуре; 3) смешивание компонентов для добавки в течение 15 минут; 4) гранулирование полученной смеси путем горячей экструзии; 5) охлаждение до температуры 18 °С (± 2 °С); 6) дозирование гранул; 7) плавление гидрогенизированного масла; 8) дражирование гранул; 9) фасовка и маркировка готового продукта.

**Заключение.** Жир сардины тихоокеанской является перспективным источником липидов с высоким содержанием эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот, в том числе и уникальных, характерных только для морского сырья – эйкозопентаеновой и докозагексаеновой.

*Установлено, что наиболее приемлемым носителем, позволяющим использовать рыбный жир в массовой доле не менее 50 %, является диоксид кремния. Полученный прототип характеризовался определенными физико-технологическими свойствами.*

*Технология получения гранулированной кормовой добавки для сельскохозяйственных животных на основе жира сардины тихоокеанской состоит из дозирования компонентов (рыбный жир, диоксид кремния, гидрогенизированное соевое масло); перемешивания смеси; получения гранул путем горячей экструзии; охлаждения; дозирования гранул; дражирования гранул с созданием покрывающего слоя из гидрогенизированного соевого масла; сепарации гранул; фасовки и маркировки готового продукта.*



**Рисунок 1 – Технологическая схема получения гранулированной кормовой добавки на основе жира сардины тихоокеанской**  
**Figure 1 – Process flow diagram for obtaining a granulated feed additive based on Pacific sardine fat**



**Список источников**

1. Савостин Д. С., Савостин С. Д., Магомедов М. Д., Строев В. В. Научное обоснование направлений увеличения объемов производства комбикормов и животноводческой продукции в Российской Федерации // Экономические системы. 2022. Т. 15. № 1. С. 99–109. DOI: 10.29030/2309-2076-2022-15-1-99-109.
2. Волкова С. Н., Сивак Е. Е. К вопросу об эффективном и качественном производстве комбикормов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 9. С. 147–152.
3. Харитонов Е. Л., Деникин А. И., Березин А. С. Оценка питательной и энергетической ценности кормовых жиров // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 24–28. DOI: 10.33943/MMS.2020.43.50.006.
4. Файвишевский М. Л. История разработки и внедрения в производство кормового животного жира // Мясные технологии. 2014. № 1 (133). С. 35–37.
5. Подрез В. Н., Красочко П. А., Карпеня М. М., Красочко И. А., Высочина Е. С. Эффективность использования энергетического корма с сухим защищенным жиром в рационах лактирующих коров // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2023. № 26–1. С. 204–211.
6. Джураева У. Ш. Влияние уровня жира в рационе на продуктивность и качество шерсти овец // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 4. С. 46–47.
7. Херувимских Е. С., Сложенкина М. И., Комарова З. Б., Кротова О. Е., Кириченко В. Г., Иванов С. М., Барыкин А. А. Влияние инновационных кормовых добавок на мясную продуктивность свиней // Аграрно-пищевые инновации. 2019. № 1 (5). С. 60–66. DOI: 10.31208/2618-7353-2019-5-60-66.
8. Кудрявцева Е. Н., Толстова Д. А. Изменение состава и свойств молока коров за счет регулирования уровня жира в их рационах // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2018. № 20. С. 181–184.
9. Лопатин В. Т., Боев В. Ю., Зинченко О. Р., Курицына А. В. Применение кормовых добавок в промышленном свиноводческом хозяйстве // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2022. № 2 (19). С. 96–101. DOI: 10.53914/issn2311-6870\_2022\_2\_96.
10. Петров О. Ю. Реализация потенциала мясной продуктивности бычков при оптимизации уровня жира в их рационах // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2018. № 20. С. 296–298.
11. Джураева У. Ш., Хаитов А. Х. Эффективность использования азотистых веществ корма в зависимости от различного уровня кормового жира в рационе овец // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 51. С. 181–186.
12. Осепчук Д. В., Свистунов А. А., Ярмоц А. В., Нахужев Р. В. Изменение уровня сырого жира в полнорационных комбикормах гусей за счет ввода различных жировых добавок // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2019. Т. 8. № 2. С. 88–92. DOI: 10.34617/x0q3-1w72.
13. Caron L., Dubacq J. P., Bercaloff C., Jupin H. Subchloroplast fraction from alga *Fucus serratus*: phosphatidylglycerol contents // Plant & Cell Physiology. 1985. Vol. 26. P. 131–139.
14. Новак И. С. Количественный анализ методом газовой хроматографии М. : Мир, 1978. 180 с.
15. Alrajab M., Shulgina L. V. Dietary product based on sea urchin caviar and sardinops melanostictus fat // Journal of Applied Biology & Biotechnology. 2022. Vol. 10. No. 5. P. 102–106. DOI: 10.7324/JABB.2022.100512.

**References**

1. Savostin D. S., Savostin S. D., Magomedov M. D., StroeV V. V. Nauchnoe obosnovanie napravlenij uvelicheniya ob'emov proizvodstva kombikormov i zhivotnovodcheskoj produkcii v Rossijskoj Federacii [Scientific substantiation of the directions of increasing the production of

animal feed and animal products in the Russian Federation]. *Ekonomicheskie sistemy. – Economic Systems*, 2022; 15 (1): 99–109. (in Russ.). DOI: 10.29030/2309-2076-2022-15-1-99-109.

2. Volkova S. N., Sivak E. E. K voprosu ob effektivnom i kachestvennom proizvodstve kombikormov [On the issue of efficient and high-quality production of compound feeds]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2019; 9: 147–152 (in Russ.).

3. Haritonov E. L., Denikin A. I., Berezin A. S. Ocenka pitatel'noj i energeticheskoj cennosti kormovyh zhirov [Assessment of the nutritional and energy value of feed fats]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – Dairy and Beef Cattle Breeding*, 2020; 2: 24–28 (in Russ.). DOI: 10.33943/MMS.2020.43.50.006.

4. Fajvishevskij M. L. Istoriya razrabotki i vnedreniya v proizvodstvo kormovogo zhirovogo zhira [The history of the development and introduction of animal feed fat into production]. *Myasnye tekhnologii. – Meat Technologies*, 2014; 1 (133): 35–37 (in Russ.).

5. Podrez V. N., Krasochko P. A., Karpenya M. M., Krasochko I. A., Vysochina E. S. Effektivnost' ispol'zovaniya energeticheskogo korma s suhim zashchishchennym zhirom v racionalah laktiruyushchih korov [Efficiency of using energy feed with dry protected fat in the diets of lactating cows]. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva. – Actual Problems of Intensive Development of Animal Husbandry*, 2023; 26–1: 204–211 (in Russ.).

6. Dzhuraeva U. Sh. Vliyanie urovnya zhira v racione na produktivnost' i kachestvo shersti ovec [The effect of the fat level in the diet on the productivity and quality of sheep wool]. *Ovcy, kozy, sherstyanoe delo. – Sheep, Goats, Wool Business*, 2015; 4: 46–47 (in Russ.).

7. Heruvimskih E. S., Slozhenkina M. I., Komarova Z. B., Krotova O. E., Kirichenko V. G., Ivanov S. M., Barykin A. A. Vliyanie innovacionnyh kormovyh dobavok na myasnuyu produktivnost' svinej [The impact of innovative feed additives on the meat productivity of pigs]. *Agrarno-pishchevye innovacii. – Agricultural and Food Innovations*, 2019; 1 (5): 60–66 (in Russ.). DOI: 10.31208/2618-7353-2019-5-60-66.

8. Kudryavtseva E. N., Tolstova D. A. Izmenenie sostava i svoystv moloka korov za schet regulirovaniya urovny azhira v ih racionalah [Changing the composition and properties of cow's milk by regulating the level of fat in their diets]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkci sel'skogo hozyajstva. – Topical Issues of Improving the Technology of Production and Processing of Agricultural Products*, 2018; 20: 181–184 (in Russ.).

9. Lopatin V. T., Boev V. Yu., Zinchenko O. R., Kuritsyna A. V. Primenenie kormovyh dobavok v promyshlennom svinovodcheskom hozyajstve [Application of feed additives in industrial pig farming]. *Tekhnologii i tovarovedenie sel'skohozyajstvennoj produkci. – Technologies and Commodity Science of Agricultural Products*, 2022; 2 (19): 96–101 (in Russ.). DOI: 10.53914/issn2311-6870\_2022\_2\_96.

10. Petrov O. Yu. Realizaciya potentsiala myasnoj produktivnosti bychkov pri optimizacii urovnya zhira v ih racionalah [Realization of the potential of meat productivity of bulls while optimizing the level of fat in their diets]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkci sel'skogo hozyajstva. – Topical Issues of Improving the Technology of Production and Processing of Agricultural Products*, 2018; 20: 296–298 (in Russ.).

11. Dzhuraeva U. Sh., Haitov A. H. Effektivnost' ispol'zovaniya azotistykh veshchestv korma v zavisimosti ot razlichnogo urovnya kormovogo zhira v racione ovec [The efficiency of the use of nitrogenous substances of feed, depending on the different levels of feed fat in the diet of sheep]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University*, 2018; 51: 181–186 (in Russ.).

12. Osepchuk D. V., Svistunov A. A., Yarmots A. V., Nahuzhev R. B. Izmenenie urovnya syrogo zhira v polnoracionnyh kombikormah gusej za schet vvoda razlichnykh zhirovyyh dobavok [Changing the level of raw fat in full-fledged compound feeds of geese due to the introduction of various fat additives]. *Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo centrappo zootekhnii i veterinarii. – Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine*, 2019; 8 (2): 88–92 (in Russ.). DOI: 10.34617/x0q3-1w72.

13. Caron L., Dubacq J. P., Bercaloff C., Jupin H. Subchloroplast fraction from alga *Fucus serratus*: phosphatidylglycerol contents. *Plant & Cell Physiology*, 1985; 26: 131–139.

14. Novak I. S. *Kolichestvennyj analiz metodom gazovoj hromatografii [Quantitative analysis by gas chromatography]*, Moskva, Mir, 1978, 180 p. (in Russ.).

15. Alrajab M., Shulgina L. V. Dietary product based on sea urchin caviar and *Sardinops melanostictus* fat. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 2022; 10; 5: 102–106. DOI: 10.7324/JABB.2022.100512.

© Табакаева О. В., Шинкарук П. А., Табакаев А. В., 2023

Статья поступила в редакцию 10.08.2023; одобрена после рецензирования 23.08.2023; принята к публикации 30.08.2023.

The article was submitted 10.08.2023; approved after reviewing 23.08.2023; accepted for publication 30.08.2023.

#### **Информация об авторах**

**Табакаева Оксана Вацлавовна**, доктор технических наук, доцент, Дальневосточный федеральный университет, ORCID: 0000-0002-7068-911X, Author ID: 56737195500, [yankovskaya68@mail.ru](mailto:yankovskaya68@mail.ru);

**Шинкарук Павел Алексеевич**, аспирант, Дальневосточный федеральный университет, [hinkaruk.pa@dvfu.ru](mailto:hinkaruk.pa@dvfu.ru);

**Табакаев Антон Вадимович**, кандидат технических наук, доцент, Дальневосточный федеральный университет, Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г. П. Сомова Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, ORCID: 0000-0001-5658-5069, Author ID: 56741306200, [tabakaev92@mail.ru](mailto:tabakaev92@mail.ru)

#### **Information about authors**

**Oksana V. Tabakaeva**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern Federal University, ORCID: 0000-0002-7068-911X, Author ID: 56737195500, [yankovskaya68@mail.ru](mailto:yankovskaya68@mail.ru);

**Pavel A. Shinkaruk**, Postgraduate Student, Far Eastern Federal University, [hinkaruk.pa@dvfu.ru](mailto:hinkaruk.pa@dvfu.ru);

**Anton V. Tabakaev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern Federal University, Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology named after G. P. Somov of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being, ORCID: 0000-0001-5658-5069, Author ID: 56741306200, [tabakaev92@mail.ru](mailto:tabakaev92@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 JWRFQK

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_148

### Новый антиоксидантный пептид и механизм биологической активности

Сергей Леонидович Тихонов<sup>1</sup>, Наталья Валерьевна Тихонова<sup>2</sup>,  
Анна Сергеевна Ожгихина<sup>3</sup>, Инга Геннадьевна Пестова<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева  
Москва, Россия

<sup>2</sup> Уральский государственный аграрный университет  
Свердловская область, Екатеринбург, Россия

<sup>3,4</sup> Пермский институт (филиал) Российского экономического университета  
имени Г. В. Плеханова, Пермский край, Пермь, Россия

<sup>1</sup> [tihonov75@bk.ru](mailto:tihonov75@bk.ru)

**Аннотация.** Проведены исследования по прогнозированию антиоксидантной активности пептида, выделенного из пепсинового гидролизата молозива коров и подтверждена его эффективность *in vitro*. Пептид исследован на масс-спектрометре МАЛДИ-ТОФ, расшифровка проводилась с помощью базы данных Mascot, опция Peptide Fingerprint («Matrix Science», США) с использованием базы данных Protein NCBI. Антиоксидантная активность пептида определялась тремя методами: ABTS, DPPH и FRAP. При анализе физико-химических характеристик пептида (состав и количество аминокислот, гидрофобность, заряд, молекулярная масса) сделано предположение, что выделенный пептид сходен с пептидом «Dual specificity protein phosphatase, Bos taurus», активирующим врожденный иммунитет, и обладает антиоксидантной активностью. Методами ABTS, DPPH и FRAP подтверждена антиоксидантная активность пептида и предположен механизм его действия, основанный на подавлении активных форм кислорода реакциями переноса одного электрона. Проведенные исследования с использованием методов протеомики и базы данных для прогнозирования антиоксидантной активности пептида позволяют сократить время для обнаружения новых свойств биоактивных пептидов, в частности антиоксидантных.

**Ключевые слова:** пептиды, антиоксидантная активность, молозиво коров, структура, гидрофильность, изоэлектрическая точка, молекулярная масса

**Для цитирования:** Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., Ожгихина А. С., Пестова И. Г. Новый антиоксидантный пептид и механизм биологической активности // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 148–156. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_148.

Original article

### New antioxidant peptide and mechanism of biological activity

Sergey L. Tikhonov<sup>1</sup>, Natalya V. Tikhonova<sup>2</sup>,  
Anna S. Ozhgikhina<sup>3</sup>, Inga G. Pestova<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy  
named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Ural State Agrarian University, Sverdlovsk region, Yekaterinburg, Russia

<sup>3,4</sup> Perm Institute (branch) Plekhanov Russian University of Economics, Perm krai, Perm, Russia

<sup>1</sup> [tihonov75@bk.ru](mailto:tihonov75@bk.ru)

**Abstract.** Studies have been conducted to predict the antioxidant activity of a peptide isolated from pepsin hydrolysate of cow colostrum and its effectiveness has been confirmed *in vitro*. The peptide was examined on a MALDI-TOPH mass spectrometer, decryption was carried out

using the Mascot database, the Peptide Fingerprint option (Matrix Science, USA) using the Protein NCBI database. The antioxidant activity of the peptide was determined by three methods: ABTS, DPPH and FRAP. Analyzing the physico-chemical characteristics of the peptide (composition and quantity of amino acids, hydrophobicity, charge, molecular weight) it is assumed that the isolated peptide is similar to the peptide «Dual specificity protein phosphatase, Bos Taurus», which activates the built-in immunity and has antioxidant activity. The antioxidant activity of the peptide was confirmed by ABTS, DPPH and FRAP methods; and the mechanism of its action based on the suppression of active forms of acid by single electron transfer reactions was suggested. The conducted studies using proteomics methods and a database for predicting the antioxidant activity of a peptide can reduce the time for detecting new properties of bioactive peptides, in particular, antioxidant ones.

**Keywords:** peptides, antioxidant activity, cow colostrum, structure, hydrophilicity, isoelectric point, molecular weight

**For citation:** Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Ozhgikhina A. S., Pestova I. G. Novyi antioksidantnyi peptid i mekhanizm biologicheskoi aktivnosti [New antioxidant peptide and mechanism of biological activity]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 3: 148–156. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_148.

**Введение.** Активные формы кислорода (АФК) представляют собой высокореактивные химические молекулы – свободные радикалы, продуцируемые дыхательной цепью митохондрий и участвующие в передаче сигналов окислительного стресса в нормальных клетках. Накопление АФК приводит к запуску неконтролируемых реакций с нецелевыми биомолекулами (липидами, белками и ДНК), что нарушает баланс антиоксидантов и оксидантов в биологических тканях. Для поддержания вышеуказанного баланса необходимо использовать антиоксидантно активные пептиды [1].

Применение антиоксидантно активных пептидов в профилактике и лечении окислительного повреждения и связанных с ним патологий в организме широко изучалось в течение последних десятилетий. Большинство функциональных пептидов образуются главным образом в результате ферментативного гидролиза белков, либо *in vivo* во время пищеварения в желудочно-кишечном тракте, контролируемого разложения с использованием соответствующих экзогенных протеаз, либо во время специфической обработки пищевых продуктов (например, ферментации молока) [2].

Традиционно характеристика пептидов проводится по стандартизированной процедуре, которая включает выбор исходного белка, ферментативный гидролиз, выделение, очистку и идентифика-

цию. После последнего этапа может быть в значительной степени определена информация об активности, аминокислотной последовательности, структуре и соответствующих функциональных свойствах пептида-кандидата [3].

Многочисленные эксперименты показали, что добавление в качестве антиоксидантов белковых гидролизатов или пептидов-антиоксидантов на основе пищевых продуктов может эффективно ингибировать перекисное окисление липидов во время транспортировки и хранения пищевых продуктов, тем самым поддерживая стабильность вкуса и пищевых веществ (витамины и незаменимые ненасыщенные жирные кислоты) [4, 5]. Биологически активные пептиды могут рассматриваться в качестве функциональных ингредиентов при разработке нутрицевтиков или функциональных продуктов питания [6, 7].

Источником потенциально биоактивных пептидов являются белковые фракции молока и молочных продуктов. Например, в работе [8] проанализировано содержание и последовательности эндогенных биоактивных пептидов в молоке верблюдиц. Пептидный секвенатор показал, что 14,6 % и 15,7 % количественно определенных пептидов, полученных от верблюдов, были биологически активными; причем преобладали ингибиторы дипептидилпептидазы IV (39,93 %), за которыми следовали ингибиторы ангио-

тензинпревращающего фермента (АПФ) (34,85 %) и пептиды с антиоксидантными свойствами (8,69 %).

В работе [9] определена аминокислотная последовательность фрагментов пептидов в антиоксидантно активной фракции гидролизата белка верблюжьего молока. В результате были получены 14 и 8 антиоксидантных пептидов из казеина и сывороточного протеина. Механизмы их активности были связаны со способностью поглощать супероксиданион-радикал и DPPH-радикал.

**Целью исследований** является прогнозирование антиоксидантной активности пептида, выделенного из пепсинового гидролизата молозива коров и подтверждение его эффективности *in vitro*.

**Методы исследований.** Пептид молозива коров был исследован на масс-спектрометре МАЛДИ-ТОФ. Расшифровка проводилась с помощью базы данных Mascot, опция Peptide Fingerprint («Matrix Science», США) с использованием базы данных Protein NCBI.

Антиоксидантная активность пептида определялась тремя методами: по способности улавливать свободные радикалы DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) и ABTS (2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate), а также по восстанавливающей силе при взаимодействии с комплексом Fe (III)-2,4,6-трипиридил-*s*-триазин методом FRAP (ferric-reducing antioxidant power).

Все спектрофотометрические измерения проводились с использованием микропланшетного ридера CLARIOstar (BMG Labtech, Германия).

Статистический анализ выполнен с использованием программного обеспечения OriginPro 9.0 (Originlab Corporation, США). Данные представлены в виде среднего значения (плюс (минус) стандартная ошибка среднего значения). Статистическая значимость различий в полученных данных оценивалась с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни (*U*). Установлен 5-процентный уровень значимости различия средних значений в группе ( $P < 0,05$ ).

**Результаты исследований и их обсуждение.** Из пепсинового гидролизата молозива коров выделено 9 пептидов.

При анализе физико-химических характеристик пептидов сделано предположение, что пептид с условным названием RR4 обладает антиоксидантной активностью.

Пептид RR4 имеет молекулярную массу 35 кДа и состоит из 9 аминокислот со следующей аминокислотной последовательностью: метионин (M) – аргинин (R) – лизин (K) – аланин (A) – лизин (K) – цистеин (C) – цистеин (C) – изолейцин (I) – аргинин (R) (рис. 1). Он идентифицируется по базе данных как Protein NCBI – пептид «Dual specificity protein phosphatase, Bos taurus», участвующий в регуляции иммунных ответов и активации врожденного иммунитета.

Процентное содержание аминокислот в пептиде следующее: изолейцин, метионин и аланин по 11,3 %; цистеин, лизин и аргинин – по 22 %.

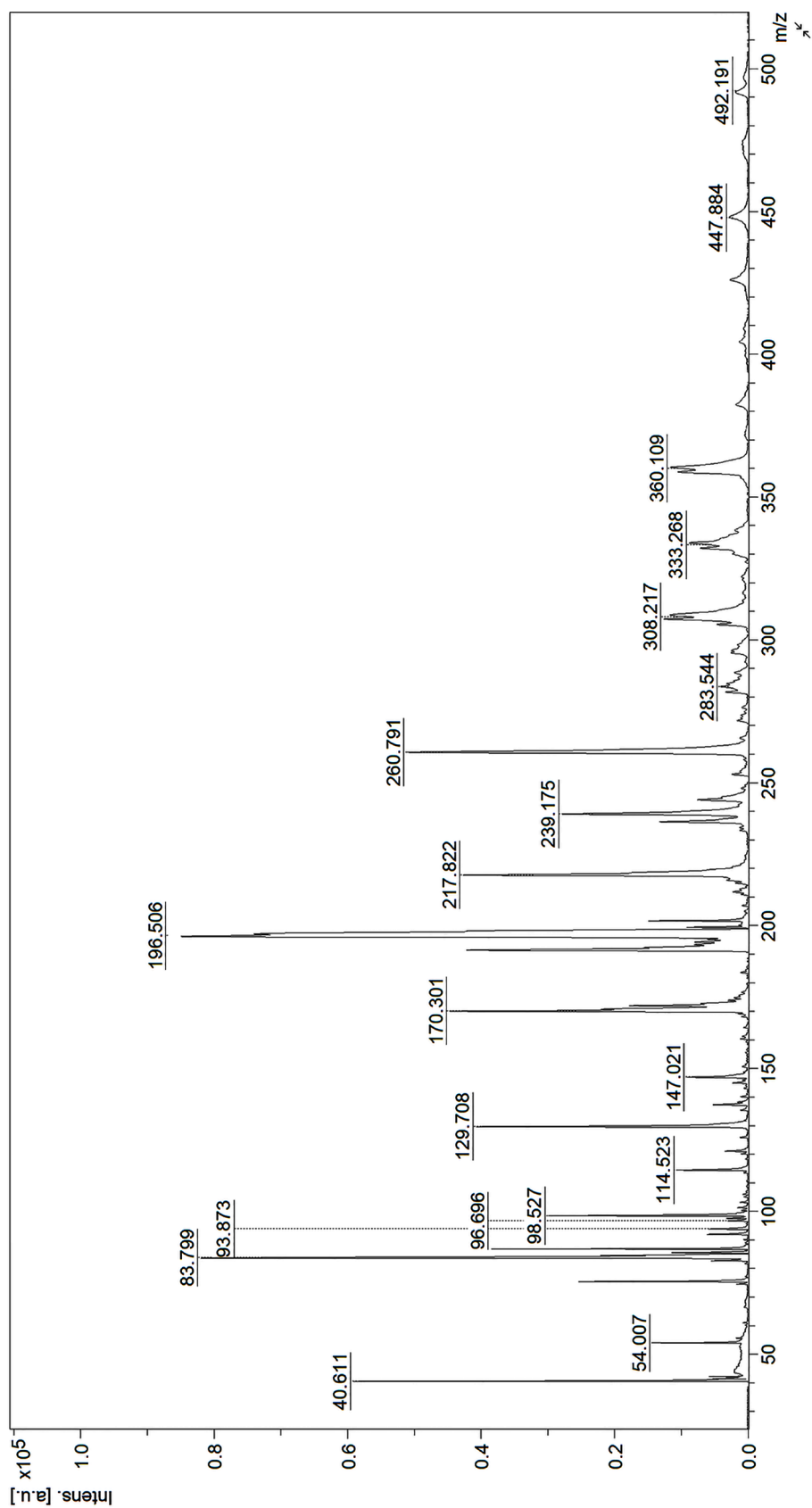
В исследуемом пептиде содержатся аминокислоты аланин, аргинин и лизин, обладающие антиоксидантными свойствами. Так, по данным, приведенным в работе [10], антиоксидантный пептид, выделенный из ферментированного верблюжьего молока *Lactobacillus plantarum*, содержащий вышеуказанные аминокислоты, поглощает радикал ABTS, гидроксильный радикал и супероксидные радикалы.

Авторами работы [11] установлено, что две пептидные последовательности из белка верблюжьего молока, включающие аминокислоты A, K и M, проявляли антиоксидантную активность в отношении:

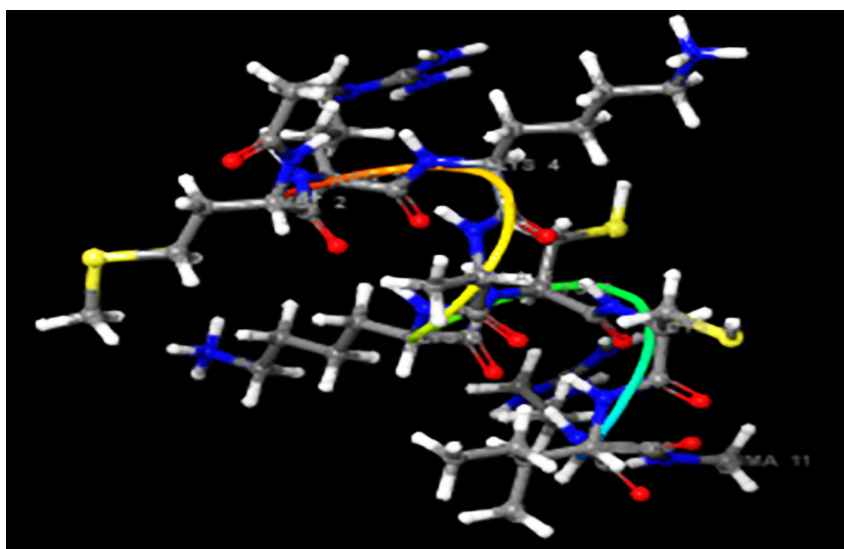
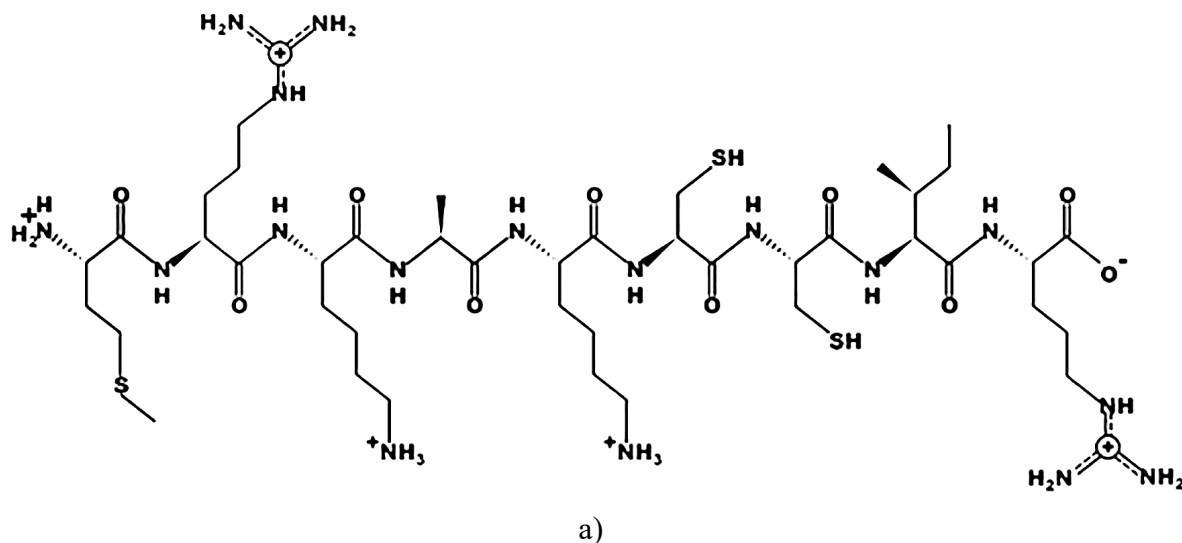
DPPH<sup>•</sup> (IC<sub>50</sub> 0,04 и 0,02 мг/мл);  
•OH (IC<sub>50</sub> 0,05 и 0,05 мг/мл);  
ABTS<sup>•+</sup> (IC<sub>50</sub> 0,1 и 0,01 мг/мл);  
O<sub>2</sub><sup>•-</sup> (IC<sub>50</sub> 0,045 и 0,3 мг/мл).

В исследованиях, приведенных в работе [12], доказано, что гидрофобные аминокислоты пептидов были ключевым фактором для связывания свободных радикалов. В пептиде RR4 содержатся гидрофобные аминокислоты: по одной аминокислоте – изолейцин, метионин, аланин и два цистеина. По данным, приведенным в работе [13], пептиды с большей гидрофобностью обладают высоким антиоксидантным потенциалом.

Смоделирована двух и трехмерная структура пептида, позволяющая определить гидрофобность и заряд (рис. 2).



**Рисунок 1 – Масс-спектр пептида RR4**  
**Figure 1 – Mass spectrum of the RR4 peptide**



**Рисунок 2 – Двухмерная а) и трехмерная б) структура пептида RR4**  
**Figure 2 – Two-dimensional a) and three-dimensional b) structure of the RR4 peptide**

Установлено, что уровень гидрофобности пептида равен  $+15,79 \text{ Ккал} \times \text{моль}^{-1}$ , заряд  $+4$ ; это свидетельствует о его антиоксидантной активности.

Так, по данным работы [14], пептиды с гидрофобностью, находящейся в диапазоне  $7,95\text{--}17 \text{ Ккал/моль}$ , и зарядом от  $+2$  до  $+7$  характеризуются антиоксидантной активностью. Более того, они содержат гидрофобные аминокислоты (Ala и Ile).

В таблице 1 представлена антиоксидантная активность пептида RR4.

Установлено, что она положительно коррелирует в методах ABTS, DPPH и

FRAP, что согласуется с данными исследований, приведенных в работе [15].

Полученные данные позволяют предположить механизм деактивации свободных радикалов пептидом: подавление активных форм кислорода (азота) реакциями переноса одного электрона (SET), так как методы, основанные на SET (такие как способность поглощать радикал DPPH (или  $\text{DPPH}^{\bullet}$ ), восстанавливающую антиоксидантную способность по железу (FRAP) и способность поглощать радикал ABTS (или  $\text{ABTS}^{\bullet+}$ )), отражают способность антиоксиданта восстанавливать радикал, металл или карбонилы путем потери элек-



Таблица 1 – Антиоксидантная активность пептида RR4

Table 1 – Antioxidant activity of the RR4 peptide

В ммоль экв. Тролокса на один литр

Пептид	Антиоксидантная активность		
	DPPH	ABTS	FRAP
RR4	2,21±0,04	2,13±0,02	2,08±0,07

трона, а на их относительную реакционную способность влияет депротонирование активных функциональных групп и IP, что следует из работы [16].

**Заключение.** В результате проведенных исследований установлено, что пептид RR4, выделенный из пепсинового гидролизата молозива коров, состоит из девяти аминокислот и сходен с пептидом «Dual specificity protein phosphatase, *Bos taurus*», активирующим врожденный иммунитет.

На основании исследования физико-химических характеристик, рассматриваемый пептид обладает ан-

тиоксидантными свойствами, что подтверждено в эксперименте *in vitro* тремя методами ABTS, DPPH и FRAP. Следовательно, механизм антиоксидантного действия пептида основан на переносе одного электрона.

Таким образом, проведенные исследования пептида с использованием методов протеомики и базы данных для прогнозирования антиоксидантной активности, позволяют сократить время для обнаружения новых свойств биоактивных пептидов, в частности с антиоксидантными свойствами.

#### Список источников

1. Wang M., Sun X., Luo W., Božovi'c S., Gong C., Ren J. Characterization and analysis of antioxidant activity of walnut-derived pentapeptide PW5 via nuclear magnetic resonance spectroscopy // Food Chemistry. 2021. Vol. 339. P. 128047. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128047.
2. Nasri M. Protein hydrolysates and biopeptides Production, biological activities, and applications in foods and health benefits. A review // Advances in Food and Nutrition Research. 2017. Vol. 81. P. 109–159. DOI: 10.1016/bs.afnr.2016.10.003.
3. Barati M., Javanmardi F., Mousavi Jazayeri S. M. H., Jabbari M., Rahmani J., Barati F. [et al.]. Techniques, perspectives, and challenges of bioactive peptide generation: A comprehensive systematic review // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2020. No. 19 (4). P. 1488–1520. DOI:10.1111/1541-4337.12578.
4. Samaei S. P., Ghorbani M., Tagliazucchi D., Martini S., Gotti R., Themelis T. [et al.]. Functional, nutritional, antioxidant, sensory properties and comparative peptidomic profile of faba bean (*Vicia faba* L.) seed protein hydrolysates and fortified apple juice // Food Chemistry. 2020. Vol. 330. P. 127120. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127120.
5. Al-Shamsi K. A., Mudgil P., Hassan H. M., Maqsood S. Camel milk protein hydrolysates with improved technofunctional properties and enhanced antioxidant potential in *in vitro* and in food model systems // Journal of Dairy Science. 2018. No. 101 (1). P. 47–60. DOI: 10.3168/jds.2017-13194.
6. Иванкина И. Ф., Решетник Е. И., Фролова Н. А. Функциональная пищевая добавка вторичного сырья пантового оленеводства для обогащения кондитерских изделий // Дальневосточный аграрный вестник. 2013. № 4 (28). С. 50–52.

7. Решетник Е. И., Уточкина Е. А. Влияние компонентного состава на пищевую и биологическую ценность продукта // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2013. № 2 (41). С. 63–67.
8. Zhang L., Han B., Luo B., Ni Y., Bansal N., Zhou P. Characterization of endogenous peptides from Dromedary and Bactrian camel milk // European Food Research and Technology. 2022. Vol. 248. P. 1149–1160. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03952-2>.
9. Ibrahim H. R., Isono H., Miyata T. Potential antioxidant bioactive peptides from camel milk proteins // Animal Nutrition. 2018. No. 4 (3). P. 273–280. DOI: 10.1016/j.aninu.2018.05.004.
10. Dharmisthaben P., Basaiawmoit B., Sakure A., Das S., Maurya R., Bishnoi M. [et al.]. Exploring potentials of antioxidative, anti-inflammatory activities and production of bioactive peptides in lactic fermented camel milk // Food Bioscience. 2021. No. 44 (4). P. 101404. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101404.
11. Homayouni-Tabrizi M., Shabestarini H., Asoodeh A., Soltani M. Identification of two novel antioxidant peptides from camel milk using digestive proteases: Impact on expression gene of superoxide dismutase (SOD) in hepatocellular carcinoma cell line // International Journal of Peptide Research and Therapeutics. 2016. No. 22. P. 187–195. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10989-015-9497-1>.
12. Zou T.-B., He T.-P., Li H.-B., Tang H.-W., Xia E.-Q. The structure-activity relationship of the antioxidant peptides from natural proteins // Molecules. 2016. No. 21 (1). P. 72. DOI: 10.3390/molecules21010072.
13. Sandoval-Sicairos E. S., Milán-Noris A. K., Luna-Vital D. A., Milán-Carrillo J., Montoya-Rodríguez A. Anti-inflammatory and antioxidant effects of peptides released from germinated amaranth during in vitro simulated gastrointestinal digestion // Food Chemistry. 2021. Vol. 343. 128394. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128394.
14. Huang P., Miao J., Li J., Li Y., Wang X., Yu Y., Cao Y. Novel antioxidant peptides from pearl shell meat hydrolysate and their antioxidant activity mechanism // Molecules. 2023. No. 28 (2). P. 864. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28020864>.
15. Munoz-Rugeles L., Galano A., Raul Alvarez-Idaboy J. The role of acid-base equilibria in formal hydrogen transfer reactions: Tryptophan radical repair by uric acid as a paradigmatic case // Physical Chemistry Chemical Physics. 2017. No. 19 (23). P. 15296–15309. DOI: 10.1039/c7cp01557g.
16. Karadag A., Ozcelik B., Saner S. Review of methods to determine antioxidant capacities // Food Analytical Methods. 2009. No. 2. P. 41–60. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-008-9067-7>.

## References

1. Wang M., Sun X., Luo W., Božovič S., Gong C., Ren J. Characterization and analysis of antioxidant activity of walnut-derived pentapeptide PW5 via nuclear magnetic resonance spectroscopy. Food Chemistry, 2021; 339: 128047. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128047.
2. Nasri M. Protein hydrolysates and biopeptides Production, biological activities, and applications in foods and health benefits. A review. Advances in Food and Nutrition Research, 2017; 81: 109–159. DOI: 10.1016/bs.afnr.2016.10.003.
3. Barati M., Javanmardi F., Mousavi Jazayeri S. M. H., Jabbari M., Rahmani J., Barati F. [et al.]. Techniques, perspectives, and challenges of bioactive peptide generation: A comprehensive systematic review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2020; 19 (4): 1488–1520. DOI:10.1111/1541-4337.12578.
4. Samaei S. P., Ghorbani M., Tagliacruzchi D., Martini S., Gotti R., Themelis T. [et al.]. Functional, nutritional, antioxidant, sensory properties and comparative peptidomic profile of faba bean (*Vicia faba* L.) seed protein hydrolysates and fortified apple juice. Food Chemistry, 2020; 330: 127120. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127120.
5. Al-Shamsi K. A., Mudgil P., Hassan H. M., Maqsood S. Camel milk protein hydrolysates with improved technofunctional properties and enhanced antioxidant potential in *in vitro* and in

food model systems. *Journal of Dairy Science*, 2018; 101 (1): 47–60. DOI: 10.3168/jds.2017-13194.

6. Ivankina N. F., Reshetnik E. I., Frolova N. A. Funktsional'naya pishchevaya dobavka vtorichnogo syr'ya pantovogo olenevodstva dlya obogashcheniya konditerskikh izdelii [Functional food additive secondary raw antler deer-raising for enrichment confectionery]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2013; 4 (28): 50–52 (in Russ.).

7. Reshetnik E. I., Utochkina E. A. Vliyanie komponentnogo sostava na pishchevuyu i biologicheskuyu tsennost' produkta [Influence of the component composition on the nutritional and biological value of the product]. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologij i upravleniya. – Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management*, 2013; 2 (41): 63–67 (in Russ.).

8. Zhang L., Han B., Luo B., Ni Y., Bansal N., Zhou P. Characterization of endogenous peptides from Dromedary and Bactrian camel milk. *European Food Research and Technology*, 2022; 248: 1149–1160. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03952-2>.

9. Ibrahim H. R., Isono H., Miyata T. Potential antioxidant bioactive peptides from camel milk proteins. *Animal Nutrition*, 2018; 4 (3): 273–280. DOI: 10.1016/j.aninu.2018.05.004.

10. Dharmisthaben P., Basaiawmoit B., Sakure A., Das S., Maurya R., Bishnoi M. [et al.]. Exploring potentials of antioxidative, anti-inflammatory activities and production of bioactive peptides in lactic fermented camel milk. *Food Bioscience*, 2021; 44 (4): 101404. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101404.

11. Homayouni-Tabrizi M., Shabestar H., Asoodeh A., Soltani M. Identification of two novel antioxidant peptides from camel milk using digestive proteases: Impact on expression gene of superoxide dismutase (SOD) in hepatocellular carcinoma cell line. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 2016; 22: 187–195. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10989-015-9497-1>.

12. Zou T.-B., He T.-P., Li H.-B., Tang H.-W., Xia E.-Q. The structure-activity relationship of the antioxidant peptides from natural proteins. *Molecules*, 2016; 21 (1): 72. DOI: 10.3390/molecules21010072.

13. Sandoval-Sicairos E. S., Milán-Noris A. K., Luna-Vital D. A., Milán-Carrillo J., Montoya-Rodríguez A. Anti-inflammatory and antioxidant effects of peptides released from germinated amaranth during in vitro simulated gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 2021; 343: 128394. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128394.

14. Huang P., Miao J., Li J., Li Y., Wang X., Yu Y., Cao Y. Novel antioxidant peptides from pearl shell meat hydrolysate and their antioxidant activity mechanism. *Molecules*, 2023; 28 (2): 864. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28020864>.

15. Munoz-Rugeles L., Galano A., Raul Alvarez-Idaboy J. The role of acid-base equilibria in formal hydrogen transfer reactions: Tryptophan radical repair by uric acid as a paradigmatic case. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 2017; 19 (23): 15296–15309. DOI: 10.1039/c7cp01557g.

16. Karadag A., Ozcelik B., Saner S. Review of methods to determine antioxidant capacities. *Food Analytical Methods*, 2009; 2: 41–60. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-008-9067-7>.

© Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., Ожгихина А. С., Пестова И. Г., 2023

Статья поступила в редакцию 05.06.2023; одобрена после рецензирования 07.07.2023; принята к публикации 16.08.2023.

The article was submitted 05.06.2023; approved after reviewing 07.07.2023; accepted for publication 16.08.2023.

**Информация об авторах**

**Тихонов Сергей Леонидович**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии хранения и переработки плодоовощной и растениеводческой продукции, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, [tihonov75@bk.ru](mailto:tihonov75@bk.ru);

**Тихонова Наталья Валерьевна**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой инженерии и аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет;

**Ожгихина Анна Сергеевна**, старший преподаватель кафедры технологии и организации питания и услуг, Пермский институт (филиал) Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова;

**Пестова Инга Геннадьевна**, старший преподаватель кафедры технологии и организации питания и услуг, Пермский институт (филиал) Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова

**Information about authors**

**Sergey L. Tikhonov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technology of Storage and Processing of Fruit and vegetable and Crop Products, Russian State Agrarian University – Moscow State Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, [tihonov75@bk.ru](mailto:tihonov75@bk.ru);

**Natalya V. Tikhonova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Engineering and Agricultural Production, Ural State Agrarian University;

**Anna S. Ozhgikhina**, Senior Lecturer of the Department of Technology and Organization of Food and Services, Perm Institute (branch) Plekhanov Russian University of Economics;

**Inga G. Pestova**, Senior Lecturer of the Department of Technology and Organization of Food and Services, Perm Institute (branch) Plekhanov Russian University of Economics

**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 631.331

EDN OTAFCC

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_157

**К обоснованию формы боковой поверхности ячейки карманного типа для вертикально-дискового аппарата точного высева****Сергей Александрович Шишлов<sup>1</sup>, Александр Николаевич Шишлов<sup>2</sup>, Александр Александрович Фадеев<sup>3</sup>, Дмитрий Сергеевич Шишлов<sup>4</sup>, Екатерина Ивановна Решетник<sup>5</sup>**<sup>1, 2, 3, 4</sup> Приморский государственный аграрно-технологический университет  
Приморский край, Уссурийск, Россия<sup>5</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет,  
Амурская область, Благовещенск, Россия<sup>1</sup> [sergey\\_a\\_shishlov@mail.ru](mailto:sergey_a_shishlov@mail.ru)

**Аннотация.** Посев сои является одной из основных агротехнических операций в технологии ее возделывания, определяющих получение высокого урожая. Условия обеспечения каждого растения в равной степени индивидуальной площадью питания и освещенностью формируются на начальном этапе посева единичным отбором семян ячейками высевающего аппарата. В большинстве существующих конструкций механических высевающих аппаратов точного высева единичный отбор и высев семян производится с помощью вращающегося диска с цилиндрическими радиально выполненными ячейками, что затрудняет загрузку ячеек семенами, а для разгрузки ячеек требуется выталкиватель. В результате снижается скорость вращения диска и, как следствие, производительность посевного агрегата; происходит травмирование семян от воздействия выталкивателя и ролика-укладчика. В предлагаемой конструкции высевающего аппарата, содержащей высевающий диск с ячейками карманного типа, расположенными под углом к радиусу высевающего диска (патент Российской Федерации № 164890), единичный отбор семян сои производится путем зачерпывания их ячейками, что позволяет заполнить ячейки за более короткий промежуток времени в сравнении с существующими подобными конструкциями. Разгрузка ячеек производится от воздействия на семена центробежной силы. Такое конструктивное исполнение высевающего аппарата позволит повысить производительность посевного агрегата за счет увеличения окружной скорости диска, а отсутствие ролика-укладчика и выталкивателя позволит снизить травмирование семян. В статье представлены некоторые результаты теоретических исследований по обоснованию формы боковой поверхности ячейки и ее влиянию на процесс загрузки и разгрузки ячейки карманного типа в вертикально-дисковом аппарате точного высева.

**Ключевые слова:** посев, точный высев, единичный отбор семян, высевающий аппарат, ячейка карманного типа

**Для цитирования:** Шишлов С. А., Шишлов А. Н., Фадеев А. А., Шишлов Д. С., Решетник Е. И. К обоснованию формы боковой поверхности ячейки карманного типа для вертикально-дискового аппарата точного высева // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 157–162. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_157.

Original article

**To substantiation of the shape of the side surface of a pocket-type cell for a vertical disk precision sowing apparatus****Sergey A. Shishlov<sup>1</sup>, Aleksandr N. Shishlov<sup>2</sup>, Aleksandr A. Fadeev<sup>3</sup>, Dmitry S. Shishlov<sup>4</sup>, Ekaterina I. Reshetnik<sup>5</sup>**<sup>1, 2, 3, 4</sup> Primorsky State Agrarian and Technological University, Primorsky krai, Ussuriysk, Russia<sup>5</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia<sup>1</sup> [sergey\\_a\\_shishlov@mail.ru](mailto:sergey_a_shishlov@mail.ru)

**Abstract.** Soybean sowing is one of the main agrotechnical operations in the technology of its cultivation, which determines the receipt of a high yield. The conditions for providing each plant with an equally individual feeding area and illumination are formed at the initial stage of sowing by a single selection of seeds by the cells of the sowing apparatus. In most existing designs of mechanical precision sowing apparatus, single selection and seeding of seeds is carried out using a rotating disk with cylindrical radially made cells, which makes it difficult to load the cells with seeds, and an ejector is required to unload the cells. As a result, the speed of rotation of the disk decreases and, as a consequence, the productivity of the sowing unit, the seeds are injured by the impact of the ejector and the stacker roller. In the proposed design of the sowing apparatus containing a sowing disc with pocket-type cells located at an angle to the radius of the sowing disc (patent of the Russian Federation No. 164890), a single selection of soybean seeds is made by scooping them with cells, which allows filling the cells in a shorter period of time compared to existing similar designs. Unloading of the cells is carried out from the impact of centrifugal force on the seeds. Such a constructive design of the sowing apparatus will increase the productivity of the sowing unit by increasing the peripheral speed of the disk, and the absence of a stacker roller and an ejector will reduce seed injury. This constructive design of the sowing apparatus will increase the productivity of the sowing unit by increasing the peripheral speed of the disk, and the absence of a stacker roller and ejector will reduce seed injury. The article presents some results of theoretical studies to substantiate the shape of the lateral surface of the cell and its effect on the process of loading and unloading a pocket-type cell in a vertical disk precision seeding machine.

**Keywords:** seeding, precise seeding, single seed selection, sowing apparatus, pocket-type cell

**For citation:** Shishlov S. A., Shishlov A. N., Fadeev A. A., Shishlov D. S., Reshetnik E. I. K obosnovaniyu formy bokovoi poverkhnosti yacheiki karmannogo tipa dlya vertikal'no-diskovogo apparata tochnogo vyseva [To substantiation of the shape of the side surface of a pocket-type cell for a vertical disk precision sowing apparatus]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 3: 157–162. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_157.

**Введение.** Соя является одной из основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Приморском крае. Обладая высокой энергетической и пищевой ценностью, она обеспечивает надежный задел в обеспечении продовольственной безопасности, формировании кормовой базы [1] и имеет перспективу использования в качестве сырья для получения биотоплива. Потребность в сое отмечается и за рубежом, она активно экспортируется из Приморского края в страны Азиатско-Тихоокеанского региона: Китай, Южную Корею, Японию. Значимость этой культуры вызывает увеличение объемов ее производства как за счет роста посевных площадей, так и за счет повышения урожайности.

Сокращенные агротехнические сроки посева сои требуют совершенствования применяемых технических средств [2]. Существующие конструкции аппаратов точного высева не позволяют производить посев на высоких скоростях посевного агрегата без нарушения требований к единичному отбору семян и их посеву пунктирным способом, как наиболее полно

отвечающим агробиологическим требованиям растений сои.

**Целью работы** является теоретическое обоснование формы боковой поверхности ячеек высевающего диска при единичном отборе семян, обеспечивающем сокращение времени на загрузку и выгрузку семян с устранением факторов, приводящих к их травмированию.

**Материалы и методы исследования.** Общей методологической основой проведенных исследований является применение комплексно-системного подхода, обеспечивающего рассмотрение процесса загрузки единичного зерна сои в ячейку карманного типа и выгрузку его из ячейки вертикально расположенного высевающего диска с учетом взаимосвязи системообразующих факторов.

В исследованиях использованы методы и законы прикладной механики, физики, математики.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Для достижения поставленной цели в предлагаемой конструкции высевающего диска с ячейками единичного от-

бора семян карманного типа [3, 4] обосновывается замена прямолинейных боковых поверхностей цилиндрических ячеек на криволинейные с соблюдением условия брахистохронности.

Закономерности перемещения единичного зерна сои при его прямолинейном и криволинейном движении получим, используя схему, приведенную на рисунке 1.

Рассмотрим перемещение зерна сои массой  $m$  с ускорением  $a$ . Учитывая незначительную длину пути  $l$ , проходимого зерном при заполнении ячейки, значениями сил сопротивления воздуха и трения зерна о поверхность ячейки пренебрегаем. Тогда равнодействующая  $F$  приложенных к зерну сил и ускорение центра тяжести зерна  $a$  будут связаны зависимостью (1):

$$F = ma \tag{1}$$

Проецируя силу  $F$  на направление касательной к циклоиде, получим дифференциальное уравнение движения центра тяжести зерна (2):

$$m \frac{d^2l}{dt^2} = mg \sin\beta \tag{2}$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

Преобразовав выражение (2) получим равенство:

$$\frac{d^2l}{dt^2} = g \sin\beta$$

Обозначим левую часть равенства величиной  $k$ , тогда получим следующее выражение:

$$k = g \sin\beta = \frac{2Rg}{\sqrt{4R^2 + \pi^2 R^2}} = \frac{2g}{\sqrt{4 + \pi^2}}$$

Таким образом, получим уравнение (3):

$$\frac{d^2l}{dt^2} = \frac{2g}{\sqrt{4 + \pi^2}} \tag{3}$$

Решение данного уравнения представим в виде:

$$\begin{aligned} \frac{dl}{dt} &= kt + C_1; \\ l &= \frac{kt^2}{2} + C_1t + C_2 \end{aligned}$$

Из начальных условий, когда  $t = 0$ ;  $l = 0$ , получим  $C_1 = C_2 = 0$ .

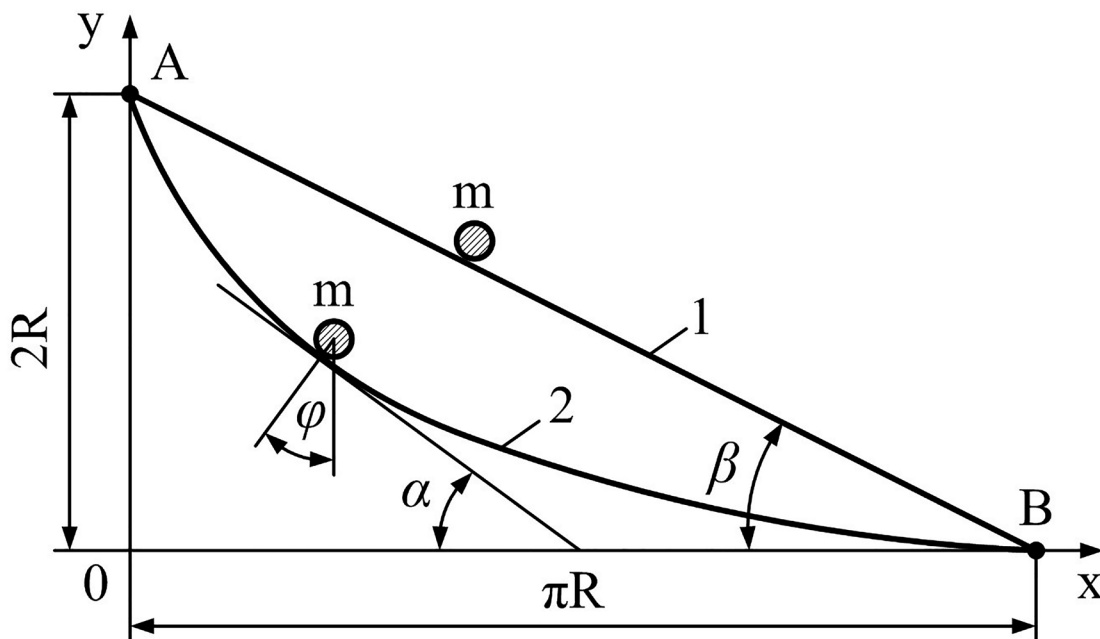


Рисунок 1 – Схема траекторий движения зерна сои из точки А в точку В по прямой (1) и по циклоиде (2)  
 Figure 1 – Scheme of trajectories of soybean grain movement from point A to point B along a straight line (1) and along a cycloid (2)

Следовательно, уравнение движения зерна сои по наклонной прямой примет вид выражения (4):

$$l = \frac{gt^2}{\sqrt{4 + \pi^2}} \quad (4)$$

Полную длину пути  $l$ , который проходит зерно при движении из точки  $A$  в точку  $B$  по наклонной прямой, определим по уравнению (5):

$$l = R\sqrt{4 + \pi^2} \quad (5)$$

Используя выражения (4) и (5), определим параметр  $t$ , представляющий время перемещения зерна сои по прямой из точки  $A$  в точку  $B$ :

$$t = \sqrt{\frac{R}{g}(4 + \pi^2)} \quad (6)$$

Рассмотрим перемещение единичного зерна сои по кривой (рис. 1, линия 2), описываемой уравнением циклоиды, которое в параметрической форме имеет следующий вид [5]:

$$\begin{aligned} x &= R(\varphi - \sin\varphi); \\ y &= R(1 + \cos\varphi) \end{aligned} \quad (7)$$

где  $R$  – радиус производящей окружности;  $\varphi$  – текущий угол поворота радиуса производящей окружности,  $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ .

Дифференциальное уравнение движения единичного зерна сои в этом случае примет вид выражения (8):

$$m \frac{d^2 l}{dt^2} = mgs \sin\alpha \quad (8)$$

С учётом уравнения (7) получим выражение (9):

$$\frac{dy}{dx} = \frac{-R \sin\varphi d\varphi}{R(1 - \cos\varphi)d\varphi} = -ctg \frac{\varphi}{2} \quad (9)$$

Дифференциал дуги  $AB$  равен:

$$dl = \sqrt{1 + \left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2} dx = 2R \sin \frac{\varphi}{2} d\varphi$$

Тогда длина дуги  $AB$  составит:

$$l = \int_0^{\varphi} 2R \sin \frac{\varphi}{2} d\varphi = 4R \left(1 - \cos \frac{\varphi}{2}\right)$$

Следовательно:

$$\cos \frac{\varphi}{2} = 1 - \frac{l}{4R}$$

Из рисунка 1 следует:

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg}(\pi - \alpha) = -\operatorname{tg}\alpha$$

Поэтому имеем:

$$\sin\alpha = \operatorname{tg}\alpha \cdot \cos\alpha = \cos \frac{\varphi}{2} = 1 - \frac{l}{4R}$$

Следовательно, уравнение (8) приводится к виду:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 l}{dt^2} &= g \left(1 - \frac{l}{4R}\right) \\ \text{или } 4R \frac{d^2 l}{dt^2} + gl &= 4Rg \end{aligned} \quad (10)$$

Получили линейное неоднородное уравнение с постоянными коэффициентами. Решение этого уравнения, описывающее зависимость изменения дуги, пройденной зерном, от времени, имеет вид выражения (11):

$$l = 4R \left(1 - \cos t \sqrt{\frac{g}{4R}}\right) \quad (11)$$

Когда зерно достигает нижнего положения (рис. 1, точка  $B$ ), из уравнения (8) следует выражение (12); из уравнения (10) следует выражение (13):

$$\frac{d^2 l}{dt^2} = 0, \quad (12)$$

$$l = 4R \quad (13)$$

Произведя подстановку выражения (13) в выражение (11), получим следующую зависимость:



$$4R = 4R \left( 1 - \cos t \sqrt{\frac{g}{4R}} \right)$$

так как  $\cos t \sqrt{\frac{g}{4R}} = 0$ ;  $t \sqrt{\frac{g}{4R}} = \frac{\pi}{2}$

$$\text{тогда } t = \pi \sqrt{\frac{R}{g}} \quad (14)$$

**Заключение.** Анализ схемы движения зерна (рис. 1) позволяет сделать вывод о том, что путь, который проходит зерно сои, следуя из точки А в точку В по циклоиде 2, больше, чем путь по прямой 1.

Сравнение уравнений (6) и (14) указывает на то, что отрезок времени, за который зерно проходит путь по прямой линии, значительно больше, чем отрезок времени прохождения зерна по циклоиде. Объясняется это тем, что при скатывании зерна по циклоиде модуль его скорости возрастает быстрее, чем по прямой.

Это положение дает основание сделать заключение о том, что в связи с сокращением времени загрузки и разгрузки ячейки карманного типа возможно увеличение окружной скорости высевающего диска и, как следствие, повышение производительности высевающего аппарата.

### Список источников

1. Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Результаты исследований по получению кормового продукта для молодняка сельскохозяйственных животных // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 4 (60). С. 165–172. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-165-172.
2. Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Маршанин Е. В. Повышение производительности экспериментального колесного агрегата на полевых работах // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 2. С. 112–120. DOI: 10.22450/19996837\_2023\_2\_112.
3. Патент № 164890 Российская Федерация. Высевающий аппарат : № 2015139419/13 : заявл.16.09.2015 : опублик. 20.09.2016 / Бородин И. А., Комин А. Э., Фадеев А. А. Бюл. № 26. 3 с.
4. Фадеев А. А., Шишлов С. А., Бородин И. А., Шишлов Д. С. Теоретические аспекты процесса загрузки и разгрузки ячеек карманного типа в аппарате точного высева // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 1. С. 128–133. DOI: 10.22450/19996837\_2023\_1\_128. EDN: QUFKOZ.
5. Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. В 3 томах. Том 1. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. 680 с.

### References

1. Voyakin S. N., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Rezul'taty issledovaniy po polucheniyu kormovogo produkta dlya molodnyaka sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh [Results of research on obtaining fodder product for young farm animals]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2021; 4 (60): 165–172. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-165-172 (in Russ.).
2. Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Marshanin E. V. Povyshenie proizvoditel'nosti eksperimental'nogo kolesnogo agregata na polevykh rabotakh [Improving the performance of an experimental wheeled unit in the field]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2023; 17; 2: 112–120. DOI: 10.22450/19996837\_2023\_2\_112 (in Russ.).
3. Borodin I. A., Komin A. E., Fadeev A. A. Vysevayushchii apparat [Sowing apparatus] *Patent RF, no. 164890 yandex.ru/patents* 2016 Retrieved from [https://yandex.ru/patents/doc/RU164890U1\\_20160920](https://yandex.ru/patents/doc/RU164890U1_20160920) (Accessed 14 March 2023) (in Russ.).
4. Fadeev A. A., Shishlov S. A., Borodin I. A., Shishlov D. S. Teoreticheskie aspekty protsesssa zagruzki i razgruzki yacheek karmannogo tipa v apparate tochnogo vyseva [Theoretical aspects of the process of loading and unloading pocket-type cells in a seed-placing device]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2023; 17; 1: 128–133. DOI: 10.22450/19996837\_2023\_1\_128. EDN: QUFKOZ (in Russ.).

5. Fikhtengolts G. M. *Kurs differentsial'nogo i integral'nogo ischisleniya. Tom 1 [Course of differential and integral calculus. Volume 1]*, Moskva, FIZMATLIT, 2003, 680 p. (in Russ.).

© Шишлов С. А., Шишлов А. Н., Фадеев А. А., Шишлов Д. С., Решетник Е. И., 2023

Статья поступила в редакцию 06.08.2023; одобрена после рецензирования 07.09.2023; принята к публикации 12.09.2023.

The article was submitted 06.08.2023; approved after reviewing 07.09.2023; accepted for publication 12.09.2023.

#### **Сведения об авторах**

**Шишлов Сергей Александрович**, доктор технических наук, профессор, Приморский государственный аграрно-технологический университет, [sergey\\_a\\_shishlov@mail.ru](mailto:sergey_a_shishlov@mail.ru);

**Шишлов Александр Николаевич**, кандидат технических наук, доцент, Приморский государственный аграрно-технологический университет;

**Фадеев Александр Александрович**, старший преподаватель, Приморский государственный аграрно-технологический университет;

**Шишлов Дмитрий Сергеевич**, студент бакалавриата, Приморский государственный аграрно-технологический университет;

**Решетник Екатерина Ивановна**, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет

#### **Information about authors**

**Sergey A. Shishlov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Primorsky State Agrarian and Technological University, [sergey\\_a\\_shishlov@mail.ru](mailto:sergey_a_shishlov@mail.ru);

**Aleksandr N. Shishlov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Primorsky State Agrarian and Technological University;

**Aleksandr A. Fadeev**, Senior Lecturer, Primorsky State Agrarian and Technological University;

**Dmitry S. Shishlov**, Undergraduate Student, Primorsky State Agrarian and Technological University;

**Ekaterina I. Reshetnik**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern 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.**

## ПОРЯДОК НАПРАВЛЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К НАУЧНЫМ СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК»

Представленные к публикации статьи должны содержать результаты неопубликованных законченных научных исследований, представлять научную новизну и иметь практическую значимость.

**Редакция журнала принимает статьи по следующим научным специальностям:**

- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки).
  - 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки).
  - 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки).
  - 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические науки, ветеринарные науки).
  - 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки, сельскохозяйственные науки).
  - 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).
- Также принимаются статьи, соответствующие научному направлению «Пищевые системы (технические науки)».

Авторы несут ответственность за соблюдение прав третьих лиц, достоверность сведений, используемых в материалах статьи и достоверность источников, указанных в работе.

Принимаются оригинальные научные статьи, неопубликованные ранее и не отправленные для публикации в другие издания. Проверка на оригинальность проводится в системе «Антиплагиат». Минимальный уровень оригинальности текста – 80 %. Самоцитирование, как и цитирование других авторов, должно быть обоснованным и соответствовать тематике, целям и задачам научной работы.

Допускается самоцитирование в объеме не более 10 %.

Объем научной статьи должен составлять не менее 25 000 знаков с пробелами, что приблизительно соответствует 15–16 страницам текста, набранного шрифтом размером 14 пт, полуторным междустрочным интервалом, включая текст таблиц и аннотацию (в подсчет не включается список источников и переведенный текст).

При подаче статьи авторы указывают: ФИО полностью, место работы, должность, ученое звание, степень, контактную информацию (телефон, e-mail, почтовый адрес для отправки печатной версии журнала).

Обязательно – Author ID (идентификатор автора в РИНЦ).

Желательно – ORCID (международный, открытый идентификатор исследователя и автора). Регистрация на сайте <https://orcid.org/>

Принимается рукопись статьи, имеющая не более 5 авторов.

**Структура статьи** должна быть разбита на логично взаимосвязанные разделы с использованием следующих подзаголовков: «Введение», «Материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Заключение», «Список источников». Во введении в обязательном порядке указывается цель исследования, в заключении приводятся выводы.

В аннотации указывают существо проведенных автором научных исследований, выполненные автором работы и полученные результаты. Аннотация должна показывать научную новизну и практическую значимость проведенного исследования. Структура аннотации аналогична структуре статьи. *Рекомендуемый объем аннотации – от 200 до 250 слов. При подготовке аннотации необходимо соблюдать следующие правила:*

1) аннотация излагается тезисно, простыми короткими предложениями; при этом начинать каждое предложение рекомендуется с глагола в прошедшем времени (исследовано..., проведен анализ..., доказано..., обосновано... и т. д.);

2) при изложении аннотации нужно использовать простые речевые обороты, не усложнять и не загромождать текст сложными конструкциями; не приводить примеры;

3) аннотация не должна содержать дополнительную интерпретацию или критические замечания автора статьи; в ней также не должно быть информации, которой нет в статье;

4) в аннотации не следует приводить мнения ученых по научной проблеме, делать их аналитический обзор, давать ссылки на использованные источники;

5) необходимо избегать употребления личных местоимений (нами выполнено, мы доказали, на наш взгляд, мы полагаем и т. д.); следует выражаться обезличено;

6) в аннотации не допускается дословное повторение формулировок научной статьи, простое копирование ее положений;

7) в аннотации запрещается разрывать текст на абзацы, а также использовать иллюстрации, таблицы, формулы и сноски.

Текст научной статьи должен быть тщательно вычитан и отредактирован. При этом в процессе редакционно-издательской обработки в текст могут вноситься изменения лингвостилистического характера, а также изменения в части соответствия представления текста требованиям государственных стандартов.

Текст научной статьи набирается в текстовом редакторе с использованием формата листа А4. Размеры полей листа: верхнее, нижнее и правое – по 20 мм; левое – 25 мм. Используется шрифт Times New Roman с кеглем 14 пт (в отношении таблиц, рисунков размер шрифта может понижаться, но не ниже, чем 10 пт; формул – не ниже, чем 12 пт). Принимается полуторный междустрочный интервал (при подготовке таблиц, рисунков, формул допускается одинарный интервал). **Автоматическая расстановка переносов не устанавливается.**

**До основного текста статьи приводят на языке текста статьи, а затем повторяют на английском языке (кроме УДК) следующую информацию:**

- код УДК;
- через одну строку: *название статьи* (строчными буквами (с первой прописной), полужирным начертанием шрифта, с выравниванием по центру, без абзацного отступа);
- через одну строку: *имя, отчество (при наличии) и фамилия автора (полностью)*;
- на следующей строке – *полное наименование организации*, являющейся местом работы (учебы) автора, с указанием региона, города и страны; адреса электронной почты автора;
- в случае нескольких авторов статьи информация повторяется для каждого автора в отдельности; при этом, если все авторы статьи работают (обучаются) в одной организации, место работы (учебы) каждого автора отдельно не указывается;
- через одну строку – *Аннотация*;
- на следующей строке – *Ключевые слова*. Количество ключевых слов (словосочетаний) не должно быть меньше 5 и больше 10 слов (словосочетаний), отражающих предметную и терминологическую область статьи.

После ключевых слов – *Благодарности*, где приводят слова благодарности организациям, научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в проведении исследования, подготовке статьи, а также сведения о финансировании исследования, подготовки и публикации статьи.

**При изложении текста статьи необходимо соблюдать правила:**

1. В тексте статьи картинки и фотографии применяются только в случае необходимости, с учетом научной значимости изображения.
2. Рисунки, диаграммы, графики – не цветные. Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. В отдельных случаях, исходя из научной целесообразности, допускается включение цветного изображения.
3. Таблицы, формулы, диаграммы, блок-схемы приводить только в редактируемом формате. Не допускается вставка данных объектов в виде картинок, фотографий, сканированных изображений. Рекомендуется приложить к тексту статьи файлы, в которых содержатся соответствующие объекты, выполненные в программах *Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Visio*.
4. При размещении диаграммы следует подписывать оси, указывая соответствующие величины и их размерность; приводить легенду; а, по возможности, и подписи данных.
5. При создании математических формул допускается использовать «Редактор уравнений» *Microsoft Word*, либо специализированную программу *Math Type* не ниже седьмой версии. Не следует применять редактор формул *Microsoft Equation*.
6. В тексте допустимо использование только общепринятых сокращений, установленных правилами русского языка, и общеизвестных аббревиатур; в остальных случаях – автор обязательно должен давать расшифровку. Это же касается и обозначений, приводимых в формулах, блок-схемах.
7. Подписи к изображениям, рисункам, таблицам, графикам, диаграммам повторяются на английском языке.

**При оформлении списка источников следует учитывать:**

1. Список источников должен включать только те источники, которые были использованы при проведении исследования и подготовке статьи.
2. Список источников – не менее 10 и не более 20 источников, в том числе
  - не менее 50 % ссылок на публикации из периодических изданий – журналов за последние 5 лет;
  - не менее 30 % ссылок – на публикации из ядра РИНЦ;

– допускается не более 10 % ссылок старше 10 лет; ссылки на такие источники должны быть логически обоснованы;

– ссылки на материалы конференции – не более 3 лет после опубликования материалов;

– в числе источников должно быть не менее 20 % зарубежных публикаций.

3. В список источников **не включаются** неопубликованные работы, учебники и учебные пособия, тезисы материалов конференций, сведения о положительных решениях и заявках на получение патентов на изобретения и полезные модели, диссертации. При необходимости сослаться на результаты диссертационного исследования – в списке приводятся журнальные статьи, опубликованные по результатам исследования или автореферат диссертации.

4. Не рекомендуется ссылаться на издания, недоступные для большинства читателей и не имеющие авторства (ведомственные издания и инструкции, ГОСТ, СНИП, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и журналах, общепринятые методики, официальные сайты и т. д.). Ссылка на данные документы оформляется в тексте (закрываются 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 шесть, 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](mailto:dvagrovestnik@dalgau.ru)

При наличии замечаний по научной статье, они направляются автору на указанный им адрес электронной почты. Автор обязуется ответить на замечания в течение пяти рабочих дней с даты получения письма или связаться с редакцией с просьбой продления срока. В противном случае автор несет риск неопубликования статьи в текущем номере издания.

**РЕДАКЦИЯ:**

Михайлов А. А. – редактор, ведущий специалист по редакционно-издательской подготовке Центра публикационной активности Дальневосточного ГАУ;

Сысоенко В. В. – переводчик, ст. преподаватель кафедры гуманитарных дисциплин Дальневосточного ГАУ;

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

Черных Е. И. – корректор

675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, каб. 301,  
редакция журнала «Дальневосточный аграрный вестник»

тел. (факс) (4162) 995127

тел. (4162) 995115 – главный редактор; e-mail: [tikhonchukp@rambler.ru](mailto:tikhonchukp@rambler.ru)

тел. (4162) 995147 – редакция журнала; e-mail: [DVagrovestnik@dalgau.ru](mailto:DVagrovestnik@dalgau.ru)