

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

**ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ  
ВЕСТНИК**

---

**FAR EASTERN AGRICULTURAL  
JOURNAL**

**Том 18  
Номер 3  
2024**

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

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

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

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

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

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

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

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

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 № 1096 по состоянию на 08.07.2024)**

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

|   |   |
|---|---|
| <p style="text-align: center;">Ministry of Agriculture of the Russian Federation Far Eastern State Agrarian University<br/> <b>FAR EASTERN AGRICULTURAL JOURNAL</b><br/> Scientific and Practical Journal<br/> Issued since 2007. Issued quarterly</p>  | <p style="text-align: center;"><b>Vol. 18. No. 3</b><br/> July – September 2024</p>   |
| <p><b>P. V. Tikhonchuk</b>, Chairman of Drafting Committee, Editor-in-Chief, Dr. Agr. Sci., Professor, Rector of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk<br/> <b>A. V. Naumenko</b>, Deputy Editor-in-Chief, Cand. Agr. Sci., Vice-rector for Scientific Work of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk<br/> <b>O. F. Ovchinnikova</b>, Executive Secretary, Senior Teacher of the Department of Agro-Industrial Complex Economics, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk</p> <p><b>Editorial Council:</b><br/> <b>T. A. Aseeva</b>, Dr. Agr. Sci., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Far Eastern Research Institute of Agriculture, Vostochnoye, Khabarovsk krai;<br/> <b>A. A. Belko</b>, 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;<br/> <b>L. N. Vladimirov</b>, Dr. Biol. Sci., Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honoured Scientist of Russia and Sakha Republic (Yakutia), President of the Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk;<br/> <b>V. P. Druzyanova</b>, Dr. Tech. Sci., Professor, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Yakutsk;<br/> <b>A. N. Emelyanov</b>, Cand. Agr. Sci., Senior Researcher, Director of the Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A. K. Chaika, Ussuriysk;<br/> <b>A. G. Klykov</b>, Dr. Biol. Sci., Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Selection and Biotechnology of Agricultural Crops, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A. K. Chaika, Ussuriysk;<br/> <b>A. E. Komin</b>, Cand. Agr. Sci., Assistant Professor, Rector of the Primorsky State Agrarian and Technological University, Ussuriysk;<br/> <b>Li Hongpeng</b>, Dr. Agr. Sci., Senior Researcher, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, China;<br/> <b>M. E. Ostyakova</b>, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Director of the Far Eastern Areal Research Veterinary Institute, Blagoveshchensk;<br/> <b>V. T. Sinegovskaya</b>, Dr. Agr. Sci., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honoured Scientist of Russia, Chief Researcher of the Plant Physiology Laboratory of the All-Russian Research Institute of Soy, Blagoveshchensk;<br/> <b>S. L. Tikhonov</b>, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Food Engineering of Agricultural Production, Ural State Agrarian University, Yekaterinburg;<br/> <b>I. S. Khamagaeva</b>, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Technology of Animal Products of the East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude;<br/> <b>Tianfu Han</b>, PhD, Professor, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Institute of Crop Science, China;<br/> <b>M. G. Chabaev</b> – Dr. Agr. Sci., Professor, Chief Researcher of the Department of Farm Animal Feeding of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Dubrovitsy, Moscow region</p> <p><b>Editorial Board:</b><br/> <b>I. N. Gromov</b>, 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;<br/> <b>E. B. Zakharova</b>, Dr. Agr. Sci., Associate Professor of the Department of General Agriculture and Plant Growing of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;<br/> <b>N. F. Klyuchnikova</b>, Dr. Agr. Sci., Deputy Director of Research of the Far Eastern Research Institute of Agriculture, Vostochnoye, Khabarovsk krai;<br/> <b>N. S. Kukhareenko</b>, Dr. Veterinar. Sci., Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;<br/> <b>T. V. Miller</b>, Cand. Biol. Sci., Associate Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;<br/> <b>A. A. Ovchinnikov</b>, Dr. Agr. Sci., Professor, Head of the Department of Feeding, Animal Hygiene, Technology of Production and Processing of Agricultural Products of the South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk;<br/> <b>E. I. Reshetnik</b>, Dr. Tech. Sci., Professor, Head of the Department of Agricultural Processing Technology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;<br/> <b>R. B. Temiraev</b>, Dr. Agr. Sci., Professor, Head of the Department of Biology of the Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz;<br/> <b>N. V. Trush</b>, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Professor of the Department of Biology and Hunting of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;<br/> <b>E. V. Tuaeua</b>, Dr. Agr. Sci., Leading Researcher of the Department of Feeding Farm Animals of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Dubrovitsy, Moscow region;<br/> <b>R. L. Sharvadze</b>, Dr. Agr. Sci., Professor, Dean of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk;<br/> <b>S. A. Shishlov</b>, Dr. Tech. Sci., Professor, Primorsky State Agrarian and Technological University, Ussuriysk;<br/> <b>S. V. Shchitov</b>, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Transport-Energy Facilities and Mechanization of Agro-Industrial Complex of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk</p> | <p>Founder and Publisher –<br/> Far Eastern State<br/> Agrarian University</p> <p>Founder and Publisher Address:<br/> 675005, g. Blagoveshchensk,<br/> Amur Region,<br/> street Polytechnik, 86.</p> <p>Registered by<br/> Federal Service for Supervision<br/> of Communications,<br/> Information Technology,<br/> and Mass Media<br/> (Roskommadzor)<br/> Registration record<br/> ПН № ФЧ 77-78057<br/> dated March 27, 2020</p> <p>Subscription Indices<br/> in the Catalogue<br/> "PRESS OF RUSSIA"<br/> 94054 (semi-annual);<br/> Online subscription:<br/> <a href="https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/i94054/">https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/i94054/</a></p> <p>The Journal is presented<br/> in the system of Russian<br/> Science Citation Index (RSCI)<br/> and on the platform<br/> of Scientific Electronic Library<br/> <a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a></p> <p>By order of the Higher<br/> Attestation Commission (HAC)<br/> of the Ministry of Education<br/> and Science of the Russian<br/> Federation<br/> dated December 01, 2015:<br/> The Journal has been included in<br/> the List of Reviewed<br/> Scientific Editions,<br/> which shall publish the main<br/> findings of theses:<br/> Ph.D. thesis; doctoral thesis<br/> (HAC's Letter № 13-6518<br/> from 01.12.2015)<br/> (In the HAC List № 1096<br/> for July 08, 2024)</p> <p>Editorial office address:<br/> 86, Politekhnikeskaya Str.,<br/> Bldg. 1, Rm. 301<br/> Blagoveshchensk,<br/> Amur Region, 675005<br/> Tel. (4162) 995147<br/> Tel./fax (4162) 995127<br/> <a href="http://www.vestnik.dalgau.ru">www.vestnik.dalgau.ru</a><br/> 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 109. Signing date 20.09.2024. Publication date 30.09.2024. Free price.<br/> Far Eastern State Agrarian University: 86, Politekhnikeskaya str., Blagoveshchensk, Amur Region, 675005<br/> Printing house address: 86, Politekhnikeskaya str., Bldg. 1, Aud. 117, Blagoveshchensk, Amur Region, 675005</p>   |   |
| <p>ISSN 1999-6837 (Print), 2077-9089 (Online)</p>   | <p style="text-align: right;">© Far Eastern State Agrarian University, 2024</p>   |

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |            |
|--|------------|
| <b>АГРОНОМИЯ.....</b>  | <b>5</b>   |
| <i>Беляев В. И., Садов В. В., Смышляев А. А., Кошелева Е. Д.</i> Оптимизация карт-заданий точного земледелия при выращивании яровой пшеницы в условиях Алтайского края.....                          | 5          |
| <i>Кузьмин А. А., Анисимов Н. С.</i> Новые данные по распространению и вредоносности соевой цистообразующей нематоды ( <i>Heterodera glycines</i> ) в Амурской области .....                         | 17         |
| <i>Логоинов Ю. П., Якубышина Л. И., Казак А. А.</i> Исходный материал для селекции ячменя в северной лесостепи Тюменской области.....  | 31         |
| <b>ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ .....</b>   | <b>43</b>  |
| <i>Кручинкина Т. В., Остякова М. Е.</i> Изучение хронической токсичности минеральной кормовой добавки на лабораторных животных.....  | 43         |
| <i>Лашин А. П., Максимов Н. И., Сыроватский М. В.</i> Биохимический статус крови телят на фоне применения цикориевой кислоты .....   | 52         |
| <i>Максимов Н. И., Лашин А. П., Сыроватский М. В.</i> Влияние цикориевой кислоты на изменение живой массы и биохимического статуса телят .....   | 58         |
| <i>Мансурова М. С., Залюбовская Е. Ю., Остякова М. Е.</i> Динамика биохимических показателей крови яичных цыплят при скормливании плодов шиповника.....  | 65         |
| <i>Овчинников А. А., Шепелева Т. А., Ростова О. В.</i> Продуктивные качества цыплят-бройлеров при использовании в рационе растительной кормовой добавки.....   | 74         |
| <i>Овчинников А. А., Шепелева Т. А., Яптик Н. Д.</i> Морфо-биохимические и иммунологические показатели крови цыплят-бройлеров, получавших в рационе фитобиотик и пребиотик.....                      | 84         |
| <b>АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>   | <b>94</b>  |
| <i>Даманский Р. В.</i> Определение параметров прикатывающего катка .....   | 94         |
| <i>Липкань А. В., Сахаров В. А., Усанов В. С., Кувшинов А. А.</i> Обоснование параметров дополнительной транспортной доски в комбайне с двухфазным обмолотом и двухпоточной очисткой зерна сои ..... | 103        |
| <i>Раднаев Д. Н., Дамбаева Б. Е., Бадмацыренов Д.-Ц. Б.</i> Исследования комбинированного посевного агрегата .....   | 118        |
| <i>Сысоев О. Е., Сысоев Е. О., Кулякина Н. В.</i> Перспективы автоматизации выращивания овощей в открытом грунте с использованием автоматизированной агротехнической самодвижущейся платформы.....   | 126        |
| <i>Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., Валиева Ш. С.</i> Генная модификация белка для усиления его устойчивости к протеолизу и перспектив использования как функционального ингредиента .....             | 135        |
| <b>ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК».....</b>   | <b>145</b> |

## CONTENTS

|   |            |
|---|------------|
| <b>AGRONOMY</b> .....   | <b>5</b>   |
| <i>Belyaev V. I., Sadov V. V., Smyshlyaev A. A., Kosheleva E. D.</i> Optimization of precision farming task maps for growing spring wheat in Altai krai .....   | 5          |
| <i>Kuzmin A. A., Anisimov N. S.</i> New data on distribution and harmfulness of soybean cyst nematode ( <i>Heterodera glycines</i> ) in Amur region .....   | 17         |
| <i>Loginov Yu. P., Yakubyshina L. I., Kazak A. A.</i> Source material for barley breeding in northern forest-steppe of Tyumen region .....  | 31         |
| <b>ANIMAL BREEDING AND VETERINARY</b> .....   | <b>43</b>  |
| <i>Kruchinkina T. V., Ostyakova M. E.</i> Study of chronic toxicity of mineral feed additive on laboratory animals.....   | 43         |
| <i>Lashin A. P., Maksimov N. I., Syrovatskiy M. V.</i> Biochemical status of calves' blood against the background of the use of chicoric acid .....   | 52         |
| <i>Maksimov N. I., Lashin A. P., Syrovatskiy M. V.</i> Effect of chicoric acid on changes in live weight and biochemical status of calves.....  | 58         |
| <i>Mansurova M. S., Zalyubovskaya E. Yu., Ostyakova M. E.</i> Dynamics of biochemical blood parameters of egg chickens when feeding rosehip fruits .....  | 65         |
| <i>Ovchinnikov A. A., Shepeleva T. A., Rostova O. V.</i> Productive qualities of broiler chickens when using a plant feed additive in the diet.....   | 74         |
| <i>Ovchinnikov A. A., Shepeleva T. A., Yaptik N. D.</i> Morpho-biochemical and immunological blood parameters of broiler chickens fed with phytobiotic and prebiotic .....                                    | 84         |
| <b>AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES</b> .....   | <b>94</b>  |
| <i>Damanskiy R. V.</i> Determination of press roller parameters.....  | 94         |
| <i>Lipkan A. V., Sakharov V. A., Usanov V. S., Kuvshinov A. A.</i> Substantiation of the parameters of an additional transport board in a combine with two-phase threshing and two-stream grain cleaning..... | 103        |
| <i>Radnaev D. N., Dambaeva B. E., Badmatsyrenov D.-Ts. B.</i> Research on combined seeding unit....   | 118        |
| <i>Sysoev O. E., Sysoev E. O., Kuliakina N. V.</i> Prospects for automation of open-field vegetable cultivation using automated self-cultivation platform .....   | 126        |
| <i>Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Valieva Sh. S.</i> Protein genetic modification for increasing its resistance to proteolysis and potential use as a functional ingredient.....                            | 135        |
| <b>THE REQUIREMENTS APPLIED TO THE ARTICLES BEING PUBLISHED IN THE FAR EASTERN AGRARIAN HERALD</b> .....  | <b>145</b> |

## АГРОНОМИЯ

## AGRONOMY

Научная статья

УДК 631.58:633.11(571.150)

EDN XASJKV

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-5-16>

**Оптимизация карт-заданий точного земледелия  
при выращивании яровой пшеницы в условиях Алтайского края**

**Владимир Иванович Беляев<sup>1</sup>, Виктор Викторович Садов<sup>2</sup>,  
Андрей Алексеевич Смышляев<sup>3</sup>, Евгения Дмитриевна Кошелева<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Алтайский государственный аграрный университет

Алтайский край, Барнаул, Россия

<sup>1</sup> [prof-belyaev@ya.ru](mailto:prof-belyaev@ya.ru), <sup>2</sup> [sadov.80@mail.ru](mailto:sadov.80@mail.ru),

<sup>3</sup> [an\\_smish\\_asau@mail.ru](mailto:an_smish_asau@mail.ru), <sup>4</sup> [jten@yandex.ru](mailto:jten@yandex.ru)

**Аннотация.** Начиная с 80-х годов прошлого века в странах с развитым сельским хозяйством точное земледелие поддерживается государственными программами и частными компаниями, а в странах СНГ в настоящее время технология проходит этапы становления. Российская IT-компания «Агроноут» в 2022 г. на опытном поле площадью 441,93 га ООО «Чарышское» Усть-Калманского района Алтайского края провела оценку земель на степень плодородия по ASF-индексу поверхности и подготовила карты-задания на посев яровой пшеницы сорта «Буран» и внесение минеральных удобрений. Целью данного исследования является определение путем эксперимента для зон плодородия опытного поля наилучших норм посева яровой пшеницы и доз внесения аммиачной селитры, опираясь на критерий удельной прибыли. В полевом опыте предусматривались 9 сочетаний норм семян и доз удобрений для каждой из трех зон плодородия – всего 27 вариантов. В течение вегетационного периода производились замеры влажности почвы, определялась глубина заделки семян, выполнялся счет количества всходов, оценивалась кустистость посевов, отслеживалась динамика роста растений и изменение запасов влаги в метровом слое. Анализировалась структура урожая пшеницы и качество выращенного зерна при помощи статистических методов и методов сравнительного анализа. В результате эксперимента было установлено, что максимальная удельная прибыль достигается при применении максимальной дозы аммиачной селитры (120 кг/га) для любой зоны плодородия и при максимальной норме высева семян для зон низкого и высокого плодородия (171 кг/га), и средней нормы (152 кг/га) – для зоны среднего плодородия. Таким образом, опровергнута гипотеза о том, что менее плодородная почва требует при возделывании пшеницы меньших норм семян и доз удобрений. По результатам опытов для хозяйства на 2023 г. предложены уточненные карты-задания на дифференцированный посев и внесение удобрений.

**Ключевые слова:** яровая пшеница, точное земледелие, зона плодородия, дифференцированный посев, дифференцированное внесение удобрений

**Финансирование:** работа выполнена за счет средств федерального бюджета в рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства России (номер государственной регистрации темы 1023032000002–5–4.1.1).

**Для цитирования:** Беляев В. И., Садов В. В., Смышляев А. А., Кошелева Е. Д. Оптимизация карт-заданий точного земледелия при выращивании яровой пшеницы в условиях Алтайского края // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 5–16. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-5-16>.

Original article

## Optimization of precision farming task maps for growing spring wheat in Altai krai

Vladimir I. Belyaev<sup>1</sup>, Viktor V. Sadov<sup>2</sup>,  
Andrey A. Smyshlyaev<sup>3</sup>, Evgeniya D. Kosheleva<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Altai State Agrarian University, Altai krai, Barnaul, Russian Federation

<sup>1</sup> [prof-belyaev@ya.ru](mailto:prof-belyaev@ya.ru), <sup>2</sup> [sadov.80@mail.ru](mailto:sadov.80@mail.ru),

<sup>3</sup> [an\\_smish\\_asau@mail.ru](mailto:an_smish_asau@mail.ru), <sup>4</sup> [jten@yandex.ru](mailto:jten@yandex.ru)

**Abstract.** Since the 80s of the last century, in countries with developed agriculture, precision farming has been carried out by government programs and private companies, and the technology is currently in its infancy in the CIS countries. In 2022, the Russian IT company "Agronout" assessed the land according to the degree of fertility according to ASF surface index and drew up a task map for spring wheat variety "Buran" sowing and mineral fertilizer application. The assessed land was an area of 441.93 hectares on an experimental field of LLC "Charyshskoe" in Ust-Kalman district, Altai krai. The purpose of this study was to determine experimentally the best sowing rates for spring wheat and the doses of ammonium nitrate, based on the criterion of specific profit for the fertility zones of the experimental field. The field experiment included 9 combinations of seed rates and fertilizer doses for each of the three fertility zones – a total of 27 options. During the growing season, soil moisture measurements were taken, the depth of seed placement was determined, the number of seedlings was counted, the bushiness of crops was assessed, the dynamics of plant growth and changes in moisture reserves in the meter layer were monitored. The structure of the wheat harvest and the quality of grown grain were analyzed using statistical methods and comparative analysis methods. As a result of the experiment, it was found that the maximum specific profit is achieved when using a maximum dose of ammonium nitrate of 120 kg/ha for any fertility zone and at a maximum seed sowing rate for zones of low and high fertility (171 kg/ha), and an average rate (152 kg /ha) – for a zone of average fertility. Thus, the hypothesis that less fertile soil required lower rates of seeds and doses of fertilizers when cultivating wheat was refuted. Based on the results of the experiments, updated task maps for differentiated sowing and fertilization were proposed for the farm for 2023.

**Funding:** the work was carried out at the expense of the federal budget within the framework of the state assignment of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation (state registration number of the topic 1023032000002–5–4.1.1).

**Keywords:** spring wheat, precision farming, fertility zone, differentiated sowing, differentiated fertilization

**For citation:** Belyaev V. I., Sadov V. V., Smyshlyaev A. A., Kosheleva E. D. Optimization of precision farming task maps for growing spring wheat in Altai krai. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2024;18;3:5–16. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-5-16>.

**Введение.** Традиционное сельское хозяйство, невзирая на существующую изменчивость характеристик почвы и урожайности в пределах поля, обрабатывает сельскохозяйственные площади как однородные поверхности. Единообразное применение средств подкормки, фунгицидов, гербицидов, инсектицидов и воды для орошения в пределах поля приводит к нерациональному использованию ресурсов.

Точное земледелие – это земледелие с гибким управлением технологиями вы-

ращивания сельскохозяйственных культур и ресурсами фермерских хозяйств в целях получения максимального урожая наилучшего качества [1]. Такое земледелие предполагает внесение разных норм семян, удобрений, гербицидов и других веществ в выделенные зоны поля, однородные по своим характеристикам.

Данный вид земледелия возникает в первой половине XX в. в США, когда ученые Иллинойского университета рекомендовали фермерам составлять для по-

лей карты изменений кислотности почвы и стандартизировать дозы вносимой извести в пределах выделенных зон [2].

Первое устройство для дифференцированного внесения удобрений было запатентовано E. W. Ortlip в США в 1986 г. [3]. Оно состояло из транспортного средства, бункеров, прибора дозирования и подачи удобрения, компьютеризированной системы управления с цифровой картой поля с различными типами почв, а также регистратора местоположения транспортного средства. Процесс работы состоял из следующих пяти этапов: получение аэрофотоснимка поля; создание цифровой карты почвы; тестирование различных типов почвы в поле на предмет потребности в удобрениях; назначение доз удобрения в зависимости от типа почвы и ввод информации в систему управления. Затем осуществлялся собственно процесс удобрения земель по данной технологии.

Начиная с 80-х годов XX века, точное земледелие привлекает все больше внимания в мире. В странах с развитым земледелием существуют государственные программы по развитию технологий точного земледелия. Этой технологией в США занимаются частные компании (AgJunction, Inc; Ag Leader Technology; CropMetrics LLC), а также государство посредством реализации своих программ в области продовольственной и сельскохозяйственной киберинформатики. В сфере сельского хозяйства Германии технология используется в 14 цифровых инновационных парках, у которых координаторами выступают университеты страны, научные организации и муниципальные образования. В КНР с 2015 г. реализовывался региональный пилотный проект в сельском хозяйстве на основе Internet of Things (IoT), осуществляющий передачу данных между физическими объектами («вещами»). В Японии с 2014 г. действует стратегическая инновационная программа продвижения (SIP) нового поколения сельского хозяйства, лесного хозяйства и рыболовства [4].

Практически каждая страна в той или иной мере в настоящее время занимается вопросами точного земледелия. Интересен опыт практического внедрения системы автоматизированного управления и точного земледелия «Этфарм» в

Сербской Республике [5]. В странах СНГ данная технология проходит этапы становления [6–8].

По данным ряда исследователей, в Российской Федерации технологии точного земледелия стали применяться как минимум на десять лет позже, чем за рубежом [4]. Глобальный инновационный индекс 2022 г. Российской Федерации равен 34,3 (при максимальном значении у Швейцарии 64,7). Среди 132 экономик стран Россия занимает 47 место по инновациям, соседствуя с Грецией, Словакией, Вьетнамом, Румынией, Саудовской Аравией, Катаром [9].

В научной литературе уделяется достаточно много внимания актуальным вопросам внедрения и освоения точного земледелия в нашей стране [10–12]. Некоммерческое партнерство «Национальное движение берегающего земледелия», аккумулирующее и распространяющее знания по технологиям защиты почв и сбережения ресурсов, приводит цифры Минсельхоза о том, что внедрение технологий цифровой экономики позволяет снизить затраты не менее чем на 23 % [13].

**Цель исследования** состоит в определении оптимальным путем наилучших норм высева семян яровой пшеницы и доз внесения аммиачной селитры для зон плодородия опытного поля, опираясь на критерий удельной прибыли.

**Объектом исследования** являлись количественные и качественные показатели урожая зерна по сравниваемым вариантам внесения удобрений и посевных норм на опытных делянках поля ООО «Чарышское» Усть-Калманского района Алтайского края.

**Материалы и методы исследования.** В цифровом пространстве России IT-компания «Агроноут» с 2017 г. разрабатывает и совершенствует технологию составления карт внутри полевой неоднородности в разных регионах страны по данным ретроспективного мониторинга и составляет карты-задания на дифференцированное внесение семян и удобрений. Компанией по этой технологии подготовлены карты-задания на площади, превышающей 300 тыс. га, в России и Казахстане. С 2020 г. «Агроноут» разрабатывает программный комплекс для подбора спутниковых снимков и генерации



карт-заданий в цифровом земледелии на основе технологий компьютерного зрения с использованием нейронных сетей (True Fields) [14].

В 2022 г. данная компания перед началом посевных работ выполнила заказ для опытного поля площадью 441,93 га в ООО «Чарышское» Усть-Калманского района Алтайского края (рис. 1, а) на составление карт на посев яровой пшеницы (рис. 1, б) и на внесение аммиачной селитры (рис. 1, в).

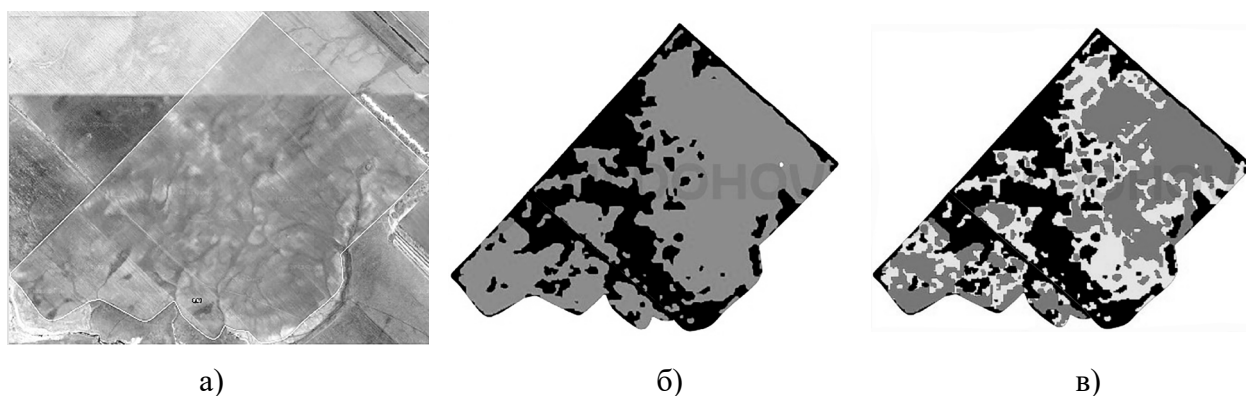
Зоны неоднородности урожайности были определены по ASF-индексу (Agronote Soil Fertility index) с использованием спутниковых снимков за 38 лет. ASF-индекс является разновидностью вегетационных индексов, получаемых в результате манипуляций с разными спектрами космических снимков. В отличие от наиболее известного вегетационного индекса NDVI, показывающего состояние растительности на конкретном снимке за какую-либо дату, ASF-индекс является разновидностью среднегодовалого вегетационного индекса за длительный период наблюдений.

При расчете норм посева и внесения удобрений компания «Агроноут» опиралась на собственную базу данных о региональных показателях выращивания яровой пшеницы со средней нормой посева семян 160 кг/га и средней дозой внесения аммиачной селитры 100 кг/га (табл.1).

При этом для зоны низкого плодородия было рекомендовано уменьшение нормы семян на 10 % от среднего значения, а при внесении аммиачной селитры рекомендованные дозы для зоны высокого и низкого плодородия отличались от среднего значения на плюс (минус) 20 %.

Анализируя выданные рекомендации, становится понятно, что компания «Агроноут» руководствовалась гипотезой, что для зон меньшего плодородия следует использовать меньшие нормы посева и дозы удобрений, а для зоны максимального плодородия – максимальные. Заявленные компанией критерии эффективности включали в себя экономию посевного материала и незначительное увеличение затрат на удобрения. В связи с этим возникла необходимость проверить опытным путем эффективность предложенных вариантов, доведя расчет эффективности до оценки удельной прибыли.

Сравнивая карты-задания, выданные компанией «Агроноут», можно обнаружить, что зона 2 посева пшеницы разбивается на две зоны при внесении удобрений. Поэтому при планировании опытов в целях уточнения норм посева и доз внесения удобрений для получения максимальной прибыли использовалась карта-задание 2 с тремя зонами плодородия: зона 1 – низкого, зона 2 – среднего и зона 3 – высокого плодородия (рис. 2). При этом за средние значения были приняты норма посева се-



а)

б)

в)

а) рельеф местности в приложении OneSoil (22.03.2023) [15];

б) карта-задание 1 «Агроноут»; в) карта-задание 2 «Агроноут»

а) terrain in "One Soil" application (03/22/23) [15];

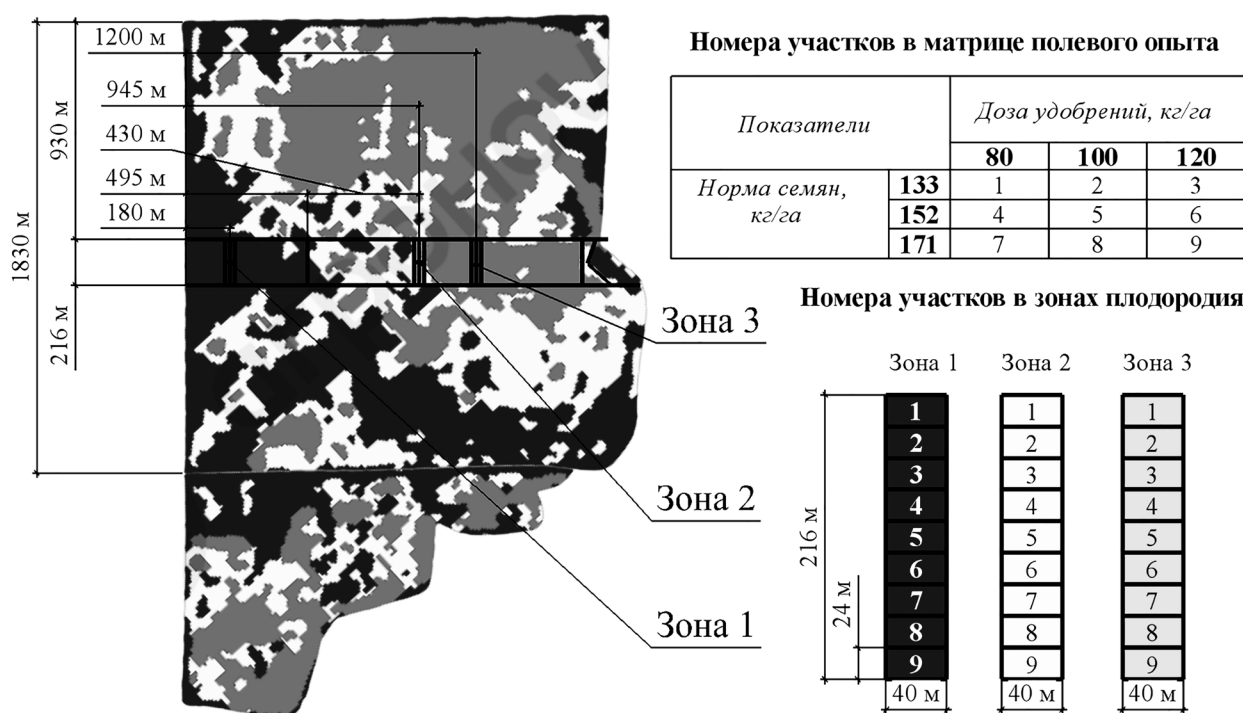
б) task map 1 by "Agronout" company; в) task map 2 by "Agronout" company

**Рисунок 1 – Опытное поле в ООО «Чарышское» Алтайского края****Figure 1 – Experimental field of LLC "Charyshskoe", Altai krai**

**Таблица 1 – Задание на посев семян пшеницы и внесение аммиачной селитры, разработанное фирмой «Агроноут», 2022 г.**

**Table 1 – Task for wheat seed sowing and ammonium nitrate applying, developed by "Agronout" company, 2022**

| Зоны   | Площадь   |         | Норма/доза   |         | Эффективность   |        |               |              |       |
|--|-----------|---------|--------------|---------|-----------------|--------|---------------|--------------|-------|
|  | всего, га | доля, % | всего, кг/га | доля, % | потребность, кг |        |               | экономия, кг |       |
|  |           |         |              |         | зоны            | поле   | средняя норма |              |       |
| <i>Рабочее задание 1 на посев семян яровой пшеницы при средней норме 160 кг/га</i> |           |         |              |         |                 |        |               |              |       |
| ■  | Зона 1    | 139,31  | 33,82        | 144     | 90              | 20 061 | 63 680        | 65 909       | 2 229 |
| ■  | Зона 2    | 272,62  | 66,18        | 160     | 100             | 43 619 |               |              |       |
| <i>Рабочее задание 2 на внесение аммиачной селитры при средней дозе 100 кг/га</i>  |           |         |              |         |                 |        |               |              |       |
| ■  | Зона 1    | 139,31  | 33,82        | 80      | 80              | 11 145 | 41 287        | 41 193       | -93   |
| ■  | Зона 2    | 128,65  | 31,23        | 100     | 100             | 12 865 |               |              |       |
| ■  | Зона 3    | 143,98  | 34,95        | 120     | 120             | 17 278 |               |              |       |



**Рисунок 2 – Схема опытов на участках поля ООО «Чарышское», 2022 г.**  
**Figure 2 – Scheme of experiments on field sections of LLC "Charyshskoye", 2022**

мян в 152 кг/га и доза внесения аммиачной селитры в 100 кг/га. Снижение нормы посева до 152 кг/га было обусловлено сложившейся многолетней агрономической практикой, в которой именно такая норма посева давала лучшие урожаи пшеницы в данном хозяйстве. Варьирование норм посева было решено делать в пределах плюс (минус) 12,5 % от средней нормы, а не рекомендованные компанией минус 10 %. Таким образом, в полевой опыт были заложены три нормы семян – 133; 152 и 171 кг/га.

Дозы внесения минеральных удобрений оставлены в соответствии с рекомендациями «Агроноут» (табл. 1, рис. 2).

В трех зонах плодородия было реализовано 27 вариантов сочетаний показателей полевого опыта (рис. 2). Для мест отбора проб были выбраны 3 участка поля, шириной 216 метров, которые, в свою очередь, были разбиты на 9 полос-делянок, где осуществлялся дифференцированный посев и внесение удобрений. Ширина деланки составляла 24,0 м.

Опытные деланки закладывались с 5 по 8 мая 2022 г. на поле с типом почв чернозем обыкновенный общей площадью 441,93 га. Предшественником являлась зерносмесь. Осенняя обработка почвы на поле не проводилась.

Для используемой для посева культуры яровой пшеницы сорта «Бурани» с массой 1 000 зерен 36,6 г, лабораторной всхожестью 94 % и энергией прорастания 91 % использовались протравители: Дивиденд Экстрим (Дифенокназол 92 г/л, Мефеноксам 23 г/л) дозой 0,7 л/т; Акиба (Имидаклоприд 500 г/л) дозой 0,5 л/т; Моноаммонийфосфат дозой 1 кг/т.

Посев выполнялся с применением агрегата NH 9040 + DMC-12000 2С по плану эксперимента (рис. 3). С помощью бортового компьютера задавались различные сочетания нормы высева семян и доз внесения удобрений (рис. 3, б). По каждому варианту опыта проходы выполнялись на всю длину гона поля – туда и обратно.

Заделка семян осуществлялась на глубину 3 см, выдерживая междурядное расстояние в 25 см. Были произведены две недифференцированные химические обработки посевов и подкормки: 6 июня 2022 г. (Балерина 2,4-Д 0,35 л/га; Мортира 0,015 кг/га; Карбамид 8 кг/га; Сульфат

магния 2 кг/га) и 29 июня 2022 г. (Альто супер 0,5 л/га; Имидж плюс 0,1 кг/га).

Природно-климатические условия вегетационного периода 2022 г. для опытного поля ООО «Чарышское» Алтайского края были подробно изложены в публикации [16], рассматривающей влияние дифференцированного посева на водный режим почв.

Средний запас влаги в метровом слое перед началом посевных работ составлял 171 мм и соответствовал очень низким значениям [16].

Изменение влагозапасов по зонам плодородия объясняется процессами снеготаяния и отражает движение грунтовых вод в сторону меньших высотных отметок: из зоны высокого плодородия (зона 1) происходит отток талой грунтовой воды через зону среднего плодородия в зону низкого плодородия (зоны 2 и 3), а затем из зоны 3 происходит разгрузка воды в систему ручьев. По этой причине зона 2 по состоянию на 7 мая имеет большие влагозапасы, чем соседствующие с ней зоны.

Мощность черноземов обыкновенных менялась от 40–45 см в зоне высокого плодородия, через 30 см в зоне среднего и до 15–20 см в зоне низкого плодородия. Уровни обеспеченности элементами питания по протоколу испытаний Центра агрохимической службы «Алтайский» № 131/1 по трем зонам почвенного плодородия были высокими по фосфору, средними по калию и низкими по нитратному азоту [16].

Перечень выполняемых работ на опытных деланках включал в себя измерения влажности почвы по слоям и глубины заделки семян, счет количества всходов, измерения высоты растений, контроль за обеспечением растений азотом и отбор проб урожая по деланкам. Приборная база эксперимента состояла из телефонной GPS-навигации, рулетки, линейки, измерителя влажности НН-2 «Delta-T Devices», N-тестера, электронных весов BM 313, автоматического счетчика зерна SLY-C и анализатора инфракрасного «ИнфРАЛЮМ ФТ-10». Достоверность измерений обеспечивалась их многократной повторностью.

Комбайновая уборка урожая проводилась 19–21 августа 2022 г. Средняя урожайность на поле составила 34,8 ц/га.



а)



б)

а) подготовка к работе агрегата; б) контроль за посевом  
 а) preparation for unit operation; б) sowing control

**Рисунок 3 – Агрегат NH 9040 + DMC-12000 2C на поле (05.05.2022)**  
**Figure 3 – Unit NH 9040 + DMC-12000 2C on the field (05/05/2022)**

**Результаты исследований и их обсуждение.** В таблице 2 приведена сравнительная эффективность норм высева семян и доз удобрений по вариантам опытов.

Удельный доход (удельная прибыль) рассчитан без учета амортизационных затрат на технику, затрат на горюче-смазочные материалы, зарплату и т. д., потому что величина этих расходов на опытном поле будет одинакова для всех вариантов опыта. Для сравнительного анализа экономической эффективности вариантов остановились на первом этапе расчета удельного дохода ( $Pr$ ), рассматривая разность удельной стоимости продукции ( $P$ ) и удельных затрат на семена ( $Zc$ ) и удобрения ( $Zy$ ).

После расчета урожайности, удельных затрат и дохода для девяти вариантов каждой из трех зон плодородия для оценки эффективности становится доступно 729 сочетаний ( $9^3$  комбинаций «семена – удобрения – зона»).

При реализации варианта задания на посев семян пшеницы и внесение аммиачной селитры, разработанного фирмой «Агроноут», корректируя средние нормы до средних значений по хозяйству, но сохраняя принцип назначения компанией величин по зонам плодородия, удельная прибыль была бы получена в соответствии с таблицей 3.

Другими словами, если бы хозяйство скорректировало норму посева семян с учетом своего опыта и следовало в остальных рекомендациям компании «Агроноут», не закладывая опытных участков, то результат соответствовал бы приведенным табличным значениям: 550 место из 729 вариантов по величине удельного получаемого дохода.

Вторым возможным вариантом задания, который интересно рассмотреть с точки зрения эффективности, является вариант получения максимальной урожайности в трех зонах плодородия. В зоне 1 максимальная урожайность 37,8 ц/га достигается при норме семян 152 кг/га и дозе аммиачной селитры 120 кг/га («152; 120»), в зоне 2 – 37,2 ц/га при варианте «133; 80», а в зоне 3 – 41,5 ц/га при варианте «171; 120» (табл. 2). Но по получаемому доходу (36 976 руб./га по полю) вариант со средней урожайностью по полю 38,7 ц/га занимает только второе место среди рассматриваемых 729 вариантов.

Самым лучшим оказался вариант со следующими сочетаниями «семена, удобрения»: в зоне 1 – «171; 120», в зоне 2 – «152; 120», в зоне 3 – «171; 120». Это связано в том, что в зоне 1 и зоне 2 в данном варианте получен более высокий класс зерна (3 класс), чем в случае максимальной урожайности по зонам (4 класс), что

Таблица 2 – Затраты на семена и удобрения, стоимость продукции и прибыль, полученные по вариантам опыта на поле ООО «Чарышское», 2022 г.

Table 2 – Costs of seeds and fertilizers, cost of production and profit obtained from the experimental options on farm field of LLC “Charyshskoye”, 2022

| Зоны | Нс,<br>кг/га | Ну,<br>кг/га | Зс + Зу,<br>руб./га | Уб,<br>(12 %),<br>ц/га | Класс<br>зерна | Р,<br>руб/га  | Pr,<br>руб./га | ΔPr,<br>руб./га | Место<br>по Pr |
|------|--------------|--------------|---------------------|------------------------|----------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|
| 1    | 133          | 80           | 3 569               | 32                     | 4              | 33 600        | 30 031         | 3 043           | 6              |
|      | 133          | 100          | 4 019               | 33,4                   | 4              | 35 070        | 31 051         | 4 063           | 4              |
|      | 133          | 120          | 4 468               | 31,8                   | 4              | 33 390        | 28 922         | 1 934           | 8              |
|      | 152          | 80           | 3 778               | 30,1                   | 3              | 34 615        | 30 837         | 3 849           | 5              |
|      | 152          | 100          | 4 228               | 31,7                   | 4              | 33 285        | 29 057         | 2 069           | 7              |
|      | 152          | 120          | 4 677               | 37,8                   | 4              | 39 690        | 35 013         | 8 025           | 2              |
|      | 171          | 80           | 3 987               | 29,5                   | 4              | 30 975        | 26 988         | 0               | 9              |
|      | 171          | 100          | 4 437               | 35,2                   | 4              | 36 960        | 32 523         | 5 535           | 3              |
|      | <b>171</b>   | <b>120</b>   | <b>4 886</b>        | <b>34,9</b>            | <b>3</b>       | <b>40 135</b> | <b>35 249</b>  | <b>8 261</b>    | <b>1</b>       |
| 2    | 133          | 80           | 3 569               | 37,2                   | 4              | 39 060        | 35 491         | 8 503           | 2              |
|      | 133          | 100          | 4 019               | 34,2                   | 4              | 35 910        | 31 891         | 4 903           | 5              |
|      | 133          | 120          | 4 468               | 28,6                   | 3              | 32 890        | 28 422         | 1 434           | 9              |
|      | 152          | 80           | 3 778               | 31,7                   | 4              | 33 285        | 29 507         | 2 519           | 6              |
|      | 152          | 100          | 4 228               | 28,7                   | 3              | 33 005        | 28 777         | 1 789           | 8              |
|      | <b>152</b>   | <b>120</b>   | <b>4 677</b>        | <b>36,4</b>            | <b>3</b>       | <b>41 860</b> | <b>37 183</b>  | <b>10 195</b>   | <b>1</b>       |
|      | 171          | 80           | 3 987               | 31,3                   | 4              | 32 865        | 28 878         | 1 890           | 7              |
|      | 171          | 100          | 4 437               | 31,8                   | 3              | 36 570        | 32 133         | 5 145           | 4              |
|      | 171          | 120          | 4 886               | 33,8                   | 3              | 38 870        | 33 984         | 6 996           | 3              |
| 3    | 133          | 80           | 3 569               | 39,5                   | 4              | 41 475        | 37 906         | 10 918          | 3              |
|      | 133          | 100          | 4 019               | 37,7                   | 4              | 39 585        | 35 566         | 8 578           | 8              |
|      | 133          | 120          | 4 468               | 36,2                   | 3              | 41 630        | 37 162         | 10 174          | 5              |
|      | 152          | 80           | 3 778               | 35,3                   | 4              | 37 065        | 33 287         | 6 299           | 9              |
|      | 152          | 100          | 4 228               | 38,2                   | 4              | 40 110        | 35 882         | 8 894           | 6              |
|      | 152          | 120          | 4 677               | 40,1                   | 4              | 42 105        | 37 428         | 10 440          | 4              |
|      | 171          | 80           | 3 987               | 40,4                   | 4              | 42 420        | 38 433         | 11 445          | 2              |
|      | 171          | 100          | 4 437               | 38,2                   | 4              | 40 110        | 35 673         | 8 685           | 7              |
|      | <b>171</b>   | <b>120</b>   | <b>4 886</b>        | <b>41,5</b>            | <b>4</b>       | <b>43 575</b> | <b>38 689</b>  | <b>11 701</b>   | <b>1</b>       |

Примечания: Нс – норма семян, кг/га; Ну – норма внесения удобрений (аммиачной селитры), кг/га; Зс + Зу – сумма удельных затрат на семена и удобрения в закупочных ценах 2022 г., руб./га; Уб (12 %) – биологическая урожайность яровой пшеницы, приведенная к 12 % влажности зерна, ц/га; Р – удельная стоимость продукции с учетом классности зерна в ценах 2022 г., руб./га; Pr = (Р – Зс – Зу) – разность удельной стоимости продукции и затрат на семена и удобрения, равная удельному доходу без учета амортизации, топлива, заработной платы и др.; ΔPr – разница удельного дохода по вариантам и варианта с минимальным доходом, руб./га.

**Таблица 3 – Эффективность варианта задания компании «Агроноут» на посев семян яровой пшеницы (при средней норме посева 152 кг/га) и внесение минеральных удобрений (при средней дозе 100 кг/га), ООО «Чарышское», 2022 г.**

**Table 3 – Efficiency of "Agronout" company's task option for spring wheat seed sowing (at an average rate of 152 kg/ha) and mineral fertilizer applying (at an average dose of 100 kg/ha), LLC "Charyshskoye", 2022**

| Зоны  |        | Площадь, га | Норма, кг/га |           | Урожайность, ц/га |         | Доход*, руб./га |         | Место |
|---|--------|-------------|--------------|-----------|-------------------|---------|-----------------|---------|-------|
|   |        |             | семена       | удобрения | в зоне            | по полю | в зоне          | по полю |       |
| ■   | Зона 1 | 139,31      | 133          | 80        | 32,0              | 33,8    | 30 031          | 32 225  | 550   |
| ■   | Зона 2 | 128,65      | 152          | 100       | 28,7              |         | 28 777          |         |       |
| ■   | Зона 3 | 143,98      | 152          | 120       | 40,1              |         | 37 428          |         |       |
| * удельный доход рассчитывается как разность удельной стоимости продукции и удельных затрат на семена, удобрения (без учета амортизации, стоимости топлива и др., то есть без учета одинаковых затрат для любых вариантов опыта). |        |             |              |           |                   |         |                 |         |       |

увеличило стоимость продукции и дало больший доход (табл. 2).

В таблице 4 приведен этот лучший вариант в качестве задания на 2023 г.

Вариант без дифференцированного посева и внесения удобрения (норма семян 152 кг/га, норма внесения удобрений 100 кг/га) с урожайностью в 33 ц/га по данным эксперимента занял бы 667 место и дал бы удельный доход в 31 355,01 руб. на гектар, что составляет 84,6 % от удельного дохода максимально выгодного варианта.

Разница в доходе без вычета расходов на амортизацию, топливо, зарплату для всего поля в целом составляет 2,35 млн. руб.

**Заключение.** В результате проведенных опытов была опровергнута гипотеза, которой следует компания «Агроноут», о том, что при применении точного земледелия менее плодородная почва требует при возделывании пшеницы меньших норм семян и доз удобрений.

Для исследованного поля ООО «Чарышское» Усть-Калманского района

**Таблица 4 – Задание на посев семян яровой пшеницы (при средней норме 152 кг/га) и внесение минеральных удобрений (при средней дозе 100 кг/га), ООО «Чарышское», 2023 г.**

**Table 4 – Task for spring wheat seed sowing (at an average rate of 152 kg/ha) and mineral fertilizer applying (at an average rate of 100 kg/ha), LLC "Charyshskoye", 2023**

| Зоны  |        | Площадь, га | Норма, кг/га |           | Урожайность, ц/га |         | Доход*, руб./га |         | Место |
|---|--------|-------------|--------------|-----------|-------------------|---------|-----------------|---------|-------|
|   |        |             | семена       | удобрения | в зоне            | по полю | в зоне          | по полю |       |
| ■   | Зона 1 | 139,31      | 171          | 120       | 37,8              | 38,6    | 35 249          | 37 055  | 1     |
| ■   | Зона 2 | 128,65      | 152          | 120       | 36,4              |         | 37 183          |         |       |
| ■   | Зона 3 | 143,98      | 171          | 120       | 41,5              |         | 38 689          |         |       |
| * удельный доход рассчитывается как разность удельной стоимости продукции и удельных затрат на семена, удобрения (без учета амортизации, стоимости топлива и др., то есть без учета одинаковых затрат для любых вариантов опыта). |        |             |              |           |                   |         |                 |         |       |

Алтайского края максимальная эффективность достигается при применении максимальной дозы удобрения 120 кг/га для любой зоны плодородия, то есть дифференцированное внесение удобрений не требуется.

Норма же посева семян для зон низкого и высокого плодородия должна быть

максимальной (171 кг/га), а для зоны среднего плодородия необходимо использовать среднюю норму (152 кг/га).

Вторым по величине полученной прибыли стал вариант с максимальной урожайностью в каждой зоне, однако с более низким по качеству классом зерна урожая.

#### Список источников

1. Система эффективного управления агробизнесом // SmartAGRO. URL: <https://smartagro.ru/#popup:agroanalyticsday> (дата обращения: 20.06.2024).
2. Linsley C. M., Bauer F. C. Test your soil for acidity. Champaign : College of Agriculture and Agricultural Experiment Station, University of Illinois, 1929 // Illinois Library. URL: <https://www.ideals.illinois.edu/items/33378> (дата обращения: 20.06.2024).
3. Patent No. 4,630,773A US. Method and apparatus for spreading fertilizer / Ortlip E. W. (1986) // Patents.google.com. URL: <https://patents.google.com/patent/US4630773A/en> (дата обращения: 20.06.2024).
4. Гусев А. С., Скворцов Е. А., Морозова Е. Д. Изучение международной практики внедрения технологий точного земледелия на основе национальных программ развития аграрной сферы зарубежных стран // Russian Journal of Management. 2020. Т. 8. № 3. С. 121–125. <https://doi.org/10.29039/2409-6024-2020-8-3-121-125>. EDN FSXBAC.
5. Баич Д., Гнято Р., Трбич Г., Аджич Д., Гнято С., Тодорович С., Лукич Н. Геоинформационные системы и точное земледелие: концепция, теория и практика // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5 (15). № 3. С. 51–64. EDN ZTDQVA.
6. Куришбаев А. К., Токбергенов И. Т., Канафин Б. К., Соловьев О. Ю., Киян В. С., Швидченко В. К. Точное земледелие – новый этап в развитии сельскохозяйственного производства северного Казахстана // Вестник науки Казахского агротехнического университета имени С. Сейфуллина. 2019. № 4 (103). С. 100–113. EDN UBQLHP.
7. Норалиев Н. Х., Юсупова Ф. Э., Кувандииков А. Н. Точное земледелие в цифровом сельском хозяйстве // Вестник науки и образования. 2020. № 23–3 (101). С. 14–17. EDN ZBBLAR.
8. Гуртмырадов Э., Халмырадова О., Хезретов А., Матякубов Б. Точное земледелие, новые технологии в сельском хозяйстве // Матрица научного познания. 2023. № 5–1. С. 110–113. EDN BQGDXM.
9. GII 2022 at a glance The Global Innovation Index 2022 captures the innovation ecosystem performance of 132 economies and tracks the most recent global innovation trends // World Intellectual Property. URL: <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2022-section1-en-gii-2022-at-a-glance-global-innovation-index-2022-15th-edition.pdf> (дата обращения: 20.06.2024).
10. Завьялова А. Г., Комарова О. Е. Ставка на точное земледелие // АПК News. 2019. № 13. С. 71–73. EDN YTRCQP.
11. Личман Г. И., Беленков А. И. Точное земледелие в вопросах и ответах // Фермер. Поволжье. 2015. № 5 (36). С. 30–34. EDN ZCPCZF.
12. Гамзиков Г. П. Точное земледелие в Сибири: реальности, проблемы и перспективы // Земледелие. 2022. № 1. С. 3–9. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-1-3-9>. EDN MFZJNE.
13. База знаний. Технологии точного земледелия // АгроЭкоМиссия. URL: <https://agriecomission.com/base/category/tehnologii-tochnogo-zemledeliya> (дата обращения: 20.06.2024).
14. АгроНОУТ : [сайт]. URL: <https://agronote.ru/> (дата обращения: 20.06.2024).
15. Повышайте продуктивность полей с помощью цифрового земледелия // OneSoil. URL: <https://onesoil.ai/ru> (дата обращения: 20.06.2024).
16. Беляев В. И., Буксман В. Э., Садов В. В., Смышляев А. А., Тур А. В. Влияние дифференцированного посева на водный режим почвы и урожайность яровой пшеницы // Даль-

невосточный аграрный вестник. 2023. Т. 17. № 2. С. 5–12. doi: 10.22450/19996837\_2023\_2\_5. EDN YJOCVS.

### References

1. System of effective management of agribusiness. *Smartagro.ru*. Retrieved from <https://smartagro.ru/#popup:agroanalyticsday> (Accessed 20 June 2024) (in Russ.).
2. Linsley C. M., Bauer F. C. Test your soil for acidity. Champaign : College of Agriculture and Agricultural Experiment Station, University of Illinois, 1929. *Ideals.illinois.edu*. Retrieved from <https://www.ideals.illinois.edu/items/33378> (Accessed 20 June 2024).
3. Ortlip E. W. Method and apparatus for spreading fertilizer. *Patent U.S. No. 4,630,773A Patents.google.com* (1986) Retrieved from <https://patents.google.com/patent/US4630773A/en> (Accessed 20 June 2024).
4. Gusev A. S., Skvortsov E. A., Morozova E. D. Studying the international practice of introducing precision farming technologies based on national programs for the development of the agrarian sector of foreign countries. *Russian Journal of Management*, 2020;8;3:121–125. <https://doi.org/10.29039/2409-6024-2020-8-3-121-125>. EDN FSXBAC (in Russ.).
5. Baych D., Gnyato R., Trbich G., Adzich D., Gnyato S., Todorovich S., Lukich N. Geographic information systems and precision farming: concept, theory and practice. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*, 2019;5–15;3:51–64. EDN ZTDQVA (in Russ.).
6. Kurishbaev A. K., Tokbergenov I. T., Kanafin B. K., Soloviev O. Yu., Kiyani V. S., Shvidchenko V. K. Precise agriculture – a new stage in the development of agricultural production of North Kazakhstan. *Vestnik nauki Kazakhskogo agrotekhnicheskogo universiteta imeni S. Seyfullina*, 2019;4(103):100–113. EDN UBQLHP (in Russ.).
7. Noraliev N. Kh., Yusupova F. E., Kuvandikov A. N. Precision farming in digital agriculture. *Vestnik nauki i obrazovaniya*, 2020;23–3(101):14–17. EDN ZBBLAR (in Russ.).
8. Gurtmyradov E., Halmyradova O., Hezretov A., Matyakubov B. Precision farming, new technologies in agriculture. *Matritsa nauchnogo poznaniya*, 2023;5(1):110–113. EDN BQGDXM (in Russ.).
9. GII 2022 at a glance The Global Innovation Index 2022 captures the innovation ecosystem performance of 132 economies and tracks the most recent global innovation trends. *Wipo.int* Retrieved from <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo-pub-2000-2022-section1-en-gii-2022-at-a-glance-global-innovation-index-2022-15th-edition.pdf> (Accessed 20 June 2024).
10. Zavyalova A. G., Komarova O. E. Focus on precision farming. *APK News*, 2019;13:71–73. EDN YTRCQP (in Russ.).
11. Lichman G. I., Belenkov A. I. Precision agriculture in questions and answers. *Fermer. Povolzh'e*, 2015;5(36):30–34. EDN ZCPCZF (in Russ.).
12. Gamzikov G. P. Precision farming in Siberia: realities, challenges and prospects. *Zemledelie*, 2022;1:3–9. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-1-3-9>. EDN MFZJNE (in Russ.).
13. Knowledge base. Precision farming technologies. *Agriecomission.com*. Retrieved from <https://agriecomission.com/base/category/tehnologii-tochnogo-zemledeliya> (Accessed 20 June 2024) (in Russ.).
14. AgroNOUT. *Agronote.ru*. Retrieved from <https://agronote.ru/> (Accessed 20 June 2024) (in Russ.).
15. Increase field productivity with digital farming. *Onesoil.ai*. Retrieved from <https://onesoil.ai/ru> (Accessed 20 June 2024). (in Russ.).
16. Belyaev V. I., Buksman V. E., Sadov V. V., Smyshlyaev A. A., Tur A. V. The effect of differentiated sowing on the water regime of the soil and the yield of spring wheat. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2023;17;2:5–12. doi: 10.22450/19996837\_2023\_2\_5. EDN YJOCVS (in Russ.).

© Беляев В. И., Садов В. В., Смышляев А. А., Кошелева Е. Д., 2024

Статья поступила в редакцию 25.08.2024; одобрена после рецензирования 11.09.2024; принята к публикации 17.09.2024.

The article was submitted 25.08.2024; approved after reviewing 11.09.2024; accepted for publication 17.09.2024.



**Информация об авторах**

**Беляев Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4396-2202>, Author ID: 695114, [prof-belyaev@ya.ru](mailto:prof-belyaev@ya.ru);

**Садов Виктор Викторович**, доктор технических наук, доцент, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0335-9436>, Author ID: 427073, [sadov.80@mail.ru](mailto:sadov.80@mail.ru);

**Смышляев Андрей Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8044-0692>, Author ID: 439077, [an\\_smish\\_asau@mail.ru](mailto:an_smish_asau@mail.ru);

**Кошелева Евгения Дмитриевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8813-0675>, Author ID: 501590, [jten@yandex.ru](mailto:jten@yandex.ru)

**Information about the authors**

**Vladimir I. Belyaev**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Altai State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4396-2202>, Author ID: 695114, [prof-belyaev@ya.ru](mailto:prof-belyaev@ya.ru);

**Viktor V. Sadov**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Altai State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0335-9436>, Author ID: 427073, [sadov.80@mail.ru](mailto:sadov.80@mail.ru);

**Andrey A. Smyshlyayev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Altai State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8044-0692>, Author ID: 439077, [an\\_smish\\_asau@mail.ru](mailto:an_smish_asau@mail.ru);

**Evgeniya D. Kosheleva**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Altai State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8813-0675>, Author ID: 501590, [jten@yandex.ru](mailto:jten@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 635.655:632.651(571.61)

EDN VFAIRC

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-17-30>

### Новые данные по распространению и вредоносности соевой цистообразующей нематоды (*Heterodera glycines*) в Амурской области

Александр Александрович Кузьмин<sup>1</sup>, Николай Станиславович Анисимов<sup>2</sup>

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

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [kaa@yandex.ru](mailto:kaa@yandex.ru), <sup>2</sup> [havamall@mail.ru](mailto:havamall@mail.ru)

**Аннотация.** В течение 2019–2023 гг. проведены исследования устойчивости растений сои к соевой цистообразующей нематоды (*Heterodera glycines*). Осуществлен ряд опытов с помощью метода вегетационных сосудов. При сравнении реакции сортов селекции Всероссийского научно-исследовательского института сои на заражение соевой цистообразующей нематодой установлено, что наиболее устойчивыми являются сорта Сентябринка и Евгения. При заражении растений сои сорта Сентябринка от одного до трех раз в течение вегетационного периода отмечено, что многократное заражение, которое случается на полях при условии смывания вредителя потоками дождевой воды с возвышений в бессточные понижения, приводит к большей концентрации *Heterodera glycines* и наибольшим потерям урожая. Исследование реакции сорта Сентябринка на однократное заражение в разные фазы вегетационного периода показало, что заражение при посеве является более вредоносным, чем в фазы цветения и бобообразования. Также проведено сравнение реакции сорта Сентябринка на заражение соевой цистообразующей нематодой из разных популяций. Применялись цисты *Heterodera glycines* из Амурской области и Приморского края. Опыт показал большую вредоносность соевой цистообразующей нематоды из приморской популяции. При изучении влияния типа почвы на степень устойчивости сои к заражению соевой нематодой использовались луговая черноземовидная и бурая лесная почвы Амурской области. Выяснено, что при посеве сои в менее плодородную бурую лесную почву воздействие вредителя является более вредоносным; разница в урожайности при посеве в однократно инфицированную и в свободную от вредителя луговую черноземовидную почву оказалась незначительной.

**Ключевые слова:** *Heterodera glycines*, соя, вредитель, заражение, реакция, сорт, распространение, Амурская область

**Для цитирования:** Кузьмин А. А., Анисимов Н. С. Новые данные по распространению и вредоносности соевой цистообразующей нематоды (*Heterodera glycines*) в Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 17–30. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-17-30>.

Original article

### New data on distribution and harmfulness of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) in Amur region

Alexander A. Kuzmin<sup>1</sup>, Nikolay S. Anisimov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> All-Russian Research Institute of Soybean

Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

<sup>1</sup> [kaa@yandex.ru](mailto:kaa@yandex.ru), <sup>2</sup> [havamall@mail.ru](mailto:havamall@mail.ru)

**Abstract.** During 2019–2023, studies on the resistance of soybean plants to soy cyst-forming nematode (*Heterodera glycines*) were conducted. Several experiments were carried out using the vegetative pots method. When comparing the reaction of All-Russian Research Institute of Soybean breeding cultivars to infection with soybean cyst nematode, it was found that the most resistant cultivars were Sentyabrinka and Evgeniya. When soybean plants of Sentyabrinka cultivar were infected from one to three times during the growing season, it was noted that repeated infection, which occurred in the same way in the fields, provided that the pest was washed away by rainwater from elevations into drainless relief depressions, led to a higher concentration of *Heterodera glycines* and the greatest yield losses. A study of the reaction of Sentyabrinka cultivar to a once infection in different stages of the growing season showed that infection during sowing was more harmful than during the flowering and pod formation phases. The reaction of Sentyabrinka cultivar to infection with soybean cyst nematode from different populations was also compared. *Heterodera glycines* cysts from Amur region and Primorsky krai were used. The experiment showed that the harmfulness of the soybean cyst nematode from Primorsky krai was greater. When studying the influence of soil type on the degree of soybean resistance to soybean nematode infection, meadow chernozem-like and brown forest soils of Amur region were used. It was found that when soybeans were sown in less fertile brown forest soil, the impact of the pest was more harmful; the difference in yield when sown in once infected soil and when sown in pest-free meadow chernozem-like soil turned out to be insignificant.

**Keywords:** *Heterodera glycines*, soybean, pest, infection, reaction, cultivar, distribution, Amur region

**For citation:** Kuzmin A. A., Anisimov N. S. New data on distribution and harmfulness of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) in Amur region. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;3:17–30. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-17-30>.

**Введение.** Первые сведения о соевой цистообразующей нематоды в Амурской области (*Heterodera glycines*) приводятся в диссертации П. П. Прохорова «Нематоды сои Верхнего Приамурья» [1]. Через 4 года Л. Е. Глотовой в учебном пособии «Нематоды сои и зерновых культур Приамурья» уже приводятся морфология вредителя и первые сведения о его вредоносности [2, С. 32–37]. Работа снабжена большим количеством иллюстраций и сохраняет научную ценность в настоящее время. Этим же автором в 1982 г. были опубликованы «Методические указания по диагностике и учету соевой цистообразующей нематоды», где указывается на сложности определения вида, в частности, на сходство с клеверной нематодой: «По строению самок, цист, яиц, вульварной пластинки соевая нематода практически не отличается от клеверной» [3, С. 6]. В настоящее время учебное пособие [2] остается одним из ключевых при морфологическом определении вида.

В последующие годы проводились опыты по выявлению устойчивых к вредителю сортов сои. Результатом стала коллективная работа «Изучение устойчи-

вости сои к цистообразующей нематоды», которая в настоящее время значительно потеряла актуальность, поскольку изученные сорта давно выведены из оборота [4]. Тем не менее, генетические линии сортов, отмеченных в данной работе, как устойчивые, могут реализовываться в современных сортах и представлять интерес для новых опытов. Другое направление представляют исследования самой нематоды, в частности различий между отдельными популяциями вредителя [5, С. 24–29]. Данная публикация поднимает весьма актуальную тему разницы вредоносности и трофических предпочтений вредителя из разных популяций, но охватывает очень большие территории и по сути является обзорной.

Обобщение всего известного материала по соевой цистообразующей нематоды было сделано в лекции Н. Н. Кравцовой, опубликованной в 1990 г. [6, С. 12–21]. Результатом оценки сортообразцов сои из мировой коллекции ВИР стали рекомендации «Исходный материал для селекции сои на устойчивость к соевой цистообразующей нематоды» [7]. В настоящее время опубликованные в них сведения потеряли

актуальность, поскольку выводы авторов критически противоречат современной тенденции к импортозамещению.

Более свежие исследования сортов и сортообразцов из Амурской области и КНР выявили относительную устойчивость к соевой цистообразующей нематоде сортообразцов амурской селекции, тогда как китайские сорта были охарактеризованы как сильновосприимчивые [8]. Во всех литературных источниках отмечена высокая, близкая к критической плотность вредителя на территории Амурской области, а также существенная (до 30 %) убыль урожая.

**Целью настоящей работы стала проверка как плотности и распространённости вредителя на территории Амурской области, так и степени его угнетающего воздействия на сорта местной селекции.**

**Методика исследований.** Поисковые работы с целью определения локализации популяций соевой цистообразующей нематоды (*Heterodera glycines*) и получения образцов зараженной почвы проводились в течение 2019–2023 гг. на территории 17 соесеющих районов Амурской области: Зейского, Магдагачинского, Шимановского, Свободненского, Мазановского, Ромненского, Серышевского, Белогорского, Ивановского, Благовещенского, Тамбовского, Октябрьского, Константиновского, Михайловского, Завитинского, Бурейского, Архаринского.

Поиск очагов заражения в посевах, отбор растений с пораженной корневой системой и образцов инфицированной почвы проводился при помощи маршрутного метода [2, 3, 9]. В процессе поисков исследовались корни как культурной, так и дикой сои. Получение из корней сои живых экземпляров цистообразующих нематод, а также их диагностика проведены согласно работам Л. Е. Гловой [2, 3].

При проведении опытов по изучению реакции сортов селекции Всероссийского научно-исследовательского института сои на заражение соевой цистообразующей нематодой использовался вегетационный метод [10]. Вегетационные сосуды выравнивались по массе сосуда и дренажа, после чего заполнялись почвой до массы, равной 8 500 г, при влажности почвы, составляющей 70 %. Вносимая в сосуды за-

раженная почва с инвазивной нагрузкой не менее одной цисты на 20 г почвы взята из очагов заражения в Амурской области и Приморском крае. Во всех опытах контрольный вариант не заражался.

Для обработки векторных изображений и адаптации их для публикации применялись программы CorelDraw 9.0 и Gimp. Фотографии выполнены с помощью камеры Canon EOS 5dIII с объективом Волна-9 50/2,8.

**Результаты исследований и их обсуждение.** По результатам детального изучения корневых остатков растений сои и почвенных образцов из 36 пунктов с территории Амурской области цисты соевой цистообразующей нематоды были обнаружены в окрестностях сел Васильевка Белогорского района, Грибское Благовещенского района, Раздольное Тамбовского района и Грибовка Архаринского района (рис. 1). На корнях культурной сои *Heterodera glycines* обнаружена только в Тамбовском районе. В Благовещенском, Белогорском и Архаринском районах соевая цистообразующая нематода обнаружена на корнях дикой сои.

Признан полностью непригодным для поиска вредителя визуальный метод. Попытки поиска соевой цистообразующей нематоды на участках поля, визуально сходных с очагами заражения вредителем в Бразилии [11] и США [12], а именно группы внешне угнетенных, с признаками карликовости, хлоротичных растений, не принесли результатов. В 100 % случаев перечисленные симптомы указывали на высохшие вымочки либо на участки с погибающими от перегрева и недостатка влаги растениями.

При поступлении из соесеющих хозяйств сообщений о присутствии на полях соевой цистообразующей нематоды всегда выяснялось, что за вредителя принимались: оотеки дождевых червей, крупные (до 15–20 мм) нематоды-сапрофиты, личинки двукрылых, личинки жесткокрылых с выраженными головной капсулой и конечностями, мелкие гусеницы чешуекрылых (*Plutella xylostella*), плесневые грибы. При использовании метода отмывания цист из почвы было получено большое количество образцов, визуально схожих с цистами соевой цистообразующей нематоды, однако попытка использовать

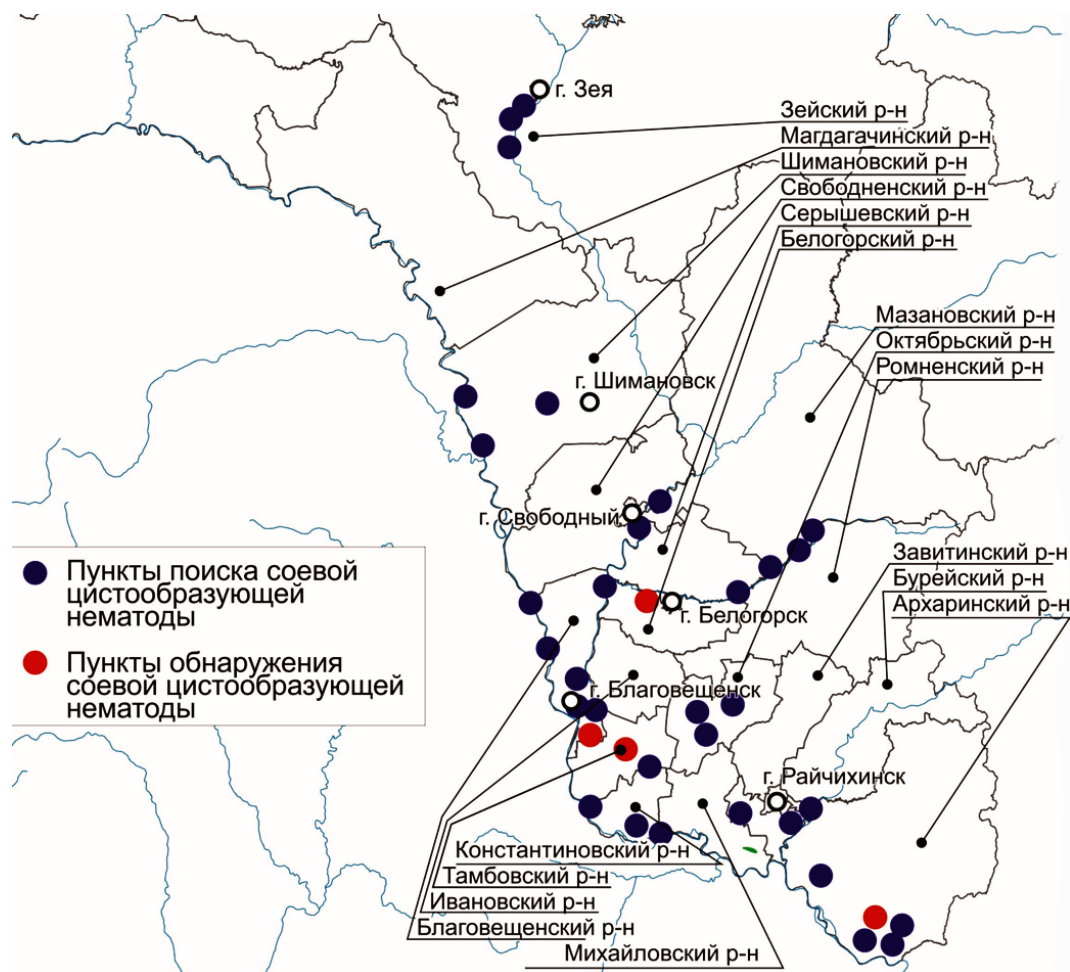


Рисунок 1 – Карта распространения соевой цистообразующей нематоды (*Heterodera glycines*) в Амурской области

Figure 1 – Map of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) distribution in Amur region

данный материал в вегетационном опыте не дала результата, нематоды не заселяли корневую систему опытных растений.

Это дает некоторое представление о причинах несоответствия многочисленных сообщений о широком распространении *Heterodera glycines* в Амурской области и сложностей в целенаправленном поиске данного вредителя.

В почве в свободном состоянии соевая цистообразующая нематода находится либо на стадии инвазивной личинки II возраста, которая в длину не превышает 0,5 мм, либо в виде короткоживущих половозрелых самцов [2, 3]. Определение вышедших из цист личинок по морфологическим признакам возможно при микроскопировании препаратов, что подразумевает фиксацию личинок и не-

возможность последующего использования их для заражения растений сои в вегетационном опыте. Определить вредителя до вида иными способами невозможно, поскольку на всех стадиях развития соевая нематода имеет слабые отличия от свекловичной (*Heterodera schachtii*) и клеверной (*Heterodera trifolii*). Единственным достоверным способом определения вредителя в данном исследовании считалось нахождение самок или цист непосредственно на корнях растений сои.

Полученные образцы были использованы для проведения ряда опытов по изучению реакции растений сои на заражение гетеродерозом.

В опыте по определению устойчивости растений сои к соевой цистообразующей нематоде использованы сорта:

1. Соната (♀Терезинская 2 × ♂Амурская 310).
2. Октябрь-70 (♀МК 1 × ♂ВНИИС 2).
3. Евгения (♀Соната × ♂Хэйхэ 11).
4. Куханна (♀Соната γ10кр × ♂Лидия).
5. Сентябринка (♀Амурская 2055 × ♂Хэйхэ 2043).

Для опыта отбирались сорта, ранее отмеченные как устойчивые к соевой цистообразующей нематоде (Соната и Октябрь-70), а также новые сорта, созданные при использовании устойчивых родительских форм местной и зарубежной селекции. Всего в вегетационном опыте высевалось по 7 семян сои каждого сорта в 3 вегетационных сосуда, два из которых заражались соевой цистообразующей нематодой при посеве, а один оставался контрольным. Закладка опыта и посев проводились 29 мая.

Учеты состояния клубеньков сои осуществлялась трижды: при первом прореживании с 7 до 5 растений в сосуде 22 июня (фаза 2-го тройчатого листа), а также при прореживании с 5 до 3 растений в сосуде 18 июля (фаза бобообразования). Основной финальный учет проведен 27 сентября. Таким образом, во время каждого из двух промежуточных учетов в наличии имелось по 4 корня из сосудов, зараженных соевой цистообразующей нематодой, и 2 корня из контрольного

вегетационного сосуда; а во время финального учета – 6 корней из зараженных вегетационных сосудов и 3 корня из контрольного сосуда с чистой почвой.

Во время первого промежуточного учета все сорта в различной степени были поражены вредителем (табл. 1). Во время второго учета активные нематоды были обнаружены на корнях сортов Соната, Октябрь-70 и Куханна. При последнем (основном) учете две взрослые самки обнаружены на корнях сорта Октябрь-70, который показал наименьшую устойчивость к вредителю из всех изученных сортов. Тем не менее, при финальном учете состояния корневой системы, у сорта Октябрь-70 треть растений (2 из 6) была свободна от нематод, а численность активных вредителей в почве снизилась на 73 % по сравнению с первым учетом, что говорит о хорошей устойчивости сорта. В целом наибольшую устойчивость к нематоде проявили сорта Сентябринка и Евгения.

Согласно литературным данным, соевая цистообразующая нематода во время сильных ливней смывается дождевой водой с полей, расположенных на возвышенностях и склонах, перемещаясь в бессточные понижения. При этом вредитель хорошо переносит переувлажнение, вплоть до полного затопления [13]. Таким образом, в понижениях полей угнетающее воздействие на растения сои оказывает не

**Таблица 1 – Количество нематод на корнях сои разных сортов при основном и промежуточных отборах растений**

**Table 1 – The number of nematodes on the roots of soybean plants of different cultivars in the main and intermediate checks**

В штуках (in pieces)

| Сорта       | Количество нематод в учетах |      |    |    |    |   |                 |      |    |    |    |   |                  |     |   |   |   |   |   |
|-------------|-----------------------------|------|----|----|----|---|-----------------|------|----|----|----|---|------------------|-----|---|---|---|---|---|
|             | учет I (22.06)              |      |    |    |    |   | учет II (18.07) |      |    |    |    |   | учет III (27.09) |     |   |   |   |   |   |
| Соната      | факт.                       | 33   | 26 | 19 | 14 | – | –               | 9    | 11 | 10 | 7  | – | –                | 0   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|             | сред.                       | 23,0 |    |    |    |   |                 | 9,3  |    |    |    |   |                  | 0   |   |   |   |   |   |
| Октябрь-70  | факт.                       | 46   | 37 | 23 | 51 | – | –               | 16   | 11 | 14 | 18 | – | –                | 1   | 2 | 0 | 4 | 3 | 0 |
|             | сред.                       | 39,2 |    |    |    |   |                 | 14,8 |    |    |    |   |                  | 1,7 |   |   |   |   |   |
| Куханна     | факт.                       | 27   | 14 | 21 | 16 | – | –               | 6    | 3  | 0  | 2  | – | –                | 0   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|             | сред.                       | 15,5 |    |    |    |   |                 | 2,8  |    |    |    |   |                  | 0   |   |   |   |   |   |
| Сентябринка | факт.                       | 9    | 12 | 17 | 4  | – | –               | 0    | 0  | 0  | 0  | – | –                | 0   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|             | сред.                       | 10,5 |    |    |    |   |                 | 0    |    |    |    |   |                  | 0   |   |   |   |   |   |
| Евгения     | факт.                       | 23   | 17 | 9  | 1  | – | –               | 0    | 0  | 0  | 0  | – | –                | 0   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|             | сред.                       | 12,5 |    |    |    |   |                 | 0    |    |    |    |   |                  | 0   |   |   |   |   |   |

только переувлажнение почвы, но и повышенная концентрация соевой цистообразующей нематоды, поскольку создаются условия для многократного заражения в течение одного вегетационного периода.

Для проверки реакции растений сои сорта Сентябринка, показавшего максимальную устойчивость к вредителю, на множественные заражения, проведен следующий опыт.

Высевалось по 9 семян в 12 вегетационных сосудов с послевсходовым прореживанием до 3 растений. При этом вариант I (сосуды 4–6) заражался единожды при посеве; вариант II (сосуды 7–9) заражался дважды: при посеве и в фазу первого тройчатого листа; вариант III (сосуды 10–12) заражался трижды: при посеве, в фазу первого тройчатого листа и в фазу цветения. Сосуды 1–3 выступали контрольным вариантом. Проверка состояния корневой системы растений сои осуществлялась при завершении опыта.

Признаки отставания в росте зараженных нематодой растений сои проявились в фазу первого тройчатого листа. Листья пораженных растений развернулись на два дня позже и имели длину листочков в среднем на 5–6 мм короче.

Вариант I к фазе цветения оправился от вредителя и почти догнал контрольные растения в росте, однако к фазе налива бобов рост растений полностью остановился. К моменту завершения опыта живые нематоды и цисты на корнях растений обнаружены не были. Снижение количества бобов не превысило 2 %, а снижение массы полученных семян – 4 % (табл. 2).

Вариант II после повторного заражения полностью сбросил листья, рас-

тения стали отставать в росте. Цветение наступило с отставанием от контроля на 12 дней. Отмечено снижение семенной продуктивности более чем на 35 %. К моменту завершения опыта растения не успели закончить вегетацию. На корнях растений обнаружена одна циста соевой цистообразующей нематоды.

В варианте III растения вошли в фазу цветения с отставанием от контроля на 19 дней и имели явные признаки угнетения и карликовости, к моменту завершения опыта они продолжали вегетацию. Снижение семенной продуктивности превысило 70 %. На корнях растений в момент завершения опыта обнаружено 28 цист соевой цистообразующей нематоды (рис. 2).

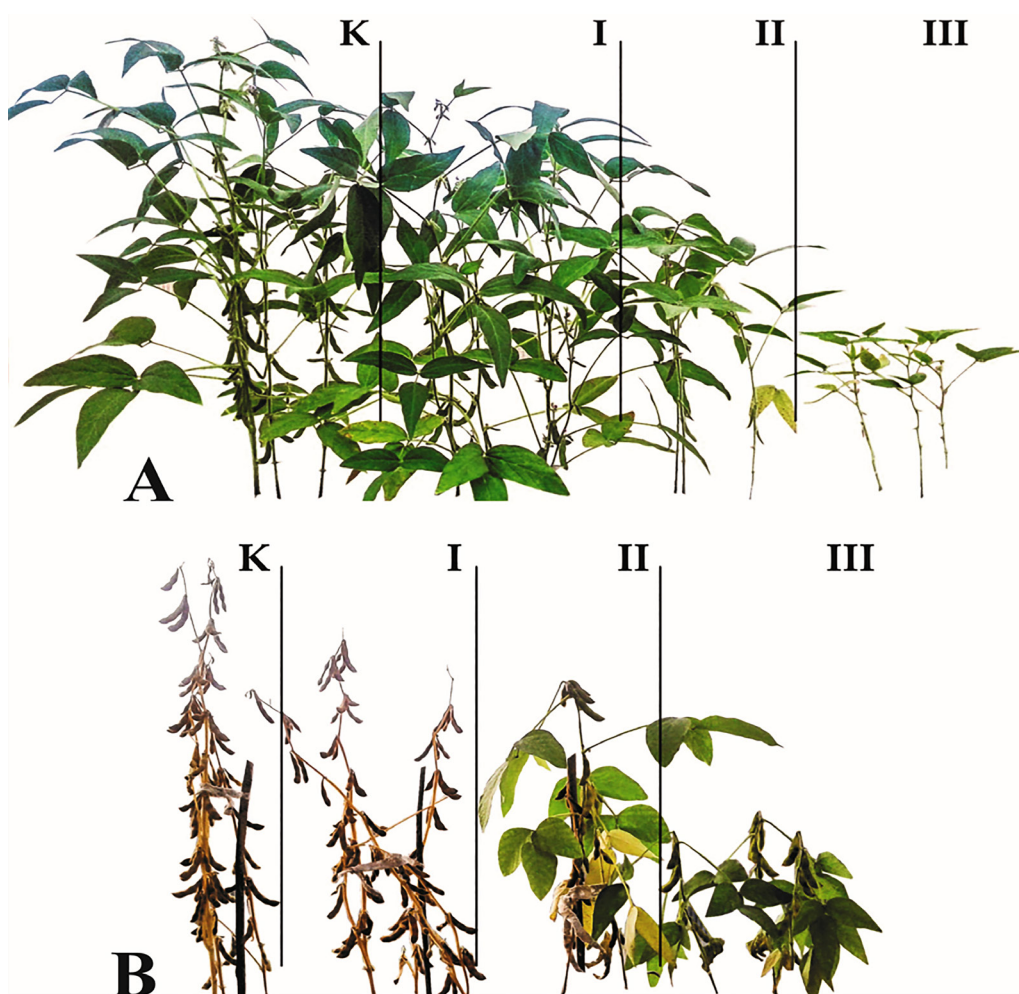
Таким образом, установлено, что при многократном заражении устойчивый сорт сои не успевает оправляться после отторжения вредителя, что приводит к серьезным потерям в урожайности.

Заражение растений сои в результате перемещения соевой цистообразующей нематоды с потоками воды во время дождя возможно в любую фазу развития растений. Для проверки реакции сорта Сентябринка на однократное заражение соевой цистообразующей нематодой в разные фазы вегетации было проведено сравнение в условиях вегетационного опыта. Семена сои высевались также, как и в предыдущем опыте – в 12 сосудов с послевсходовым прореживанием. Сосуды 1–3 – контроль, без заражения. Вариант I (сосуды 4–6) – добавление почвы с частями корневой системы растений сои, инфицированной соевой цистообразующей нематодой, непосредственно перед

**Таблица 2 – Реакция сорта Сентябринка на множественные заражения соевой цистообразующей нематодой**

**Table 2 – Reaction of Sentyabrinka cultivar to multiple infections of soybean cyst nematode**

| Вариант     | Снижение семенной продуктивности по сравнению с контролем, % |                  |             | Масса семян в пересчете на 1 000 шт., г |
|-------------|--|------------------|-------------|---|
|             | количество бобов   | количество семян | масса семян |   |
| Контроль    | 0  | 0                | 0           | 165,6                                   |
| Вариант I   | 2,0  | 1,7              | 3,6         | 162,4                                   |
| Вариант II  | 32,5   | 36,0             | 32,8        | 173,9                                   |
| Вариант III | 72,9   | 75,7             | 72,3        | 188,2                                   |



А – 24 июля, В – 7 сентября;  
 К – контроль, I – одно заражение, II – два заражения, III – три заражения

A – July 24, B – September 7;  
 K – control, I – one infection, II – two infections, III – three infections

**Рисунок 2 – Реакция сорта Сентябринка на множественные заражения соевой цистообразующей нематодой**

**Figure 2 – Reaction of Sentyabrinka cultivar to multiple infections of soybean cyst nematode**

высеванием. Вариант II (сосуды 7–9) – добавление зараженной почвы в фазу начала цветения. Вариант III (сосуды 10–12) – добавление зараженной почвы в фазу бобообразования.

По достижении растениями сои фазы полной зрелости, бобы были собраны, после чего подсчитано количество бобов и семян, а также масса последних (табл. 3).

Однократное заражение нематодой непосредственно перед посевом привело к отставанию цветения и снижению урожайности. Отмечено не выходящее за рамки погрешности уменьшение общего количе-

ства бобов, уменьшение количества многосемянных бобов, а также уменьшение массы семян.

Заражение нематодой непосредственно перед посевом более чем в три раза превзошло по вредоносности заражение в фазу цветения и бобообразования и вызвало слабое, но заметное уменьшение роста растений и отставание в прохождении фенологических фаз. Поражение корневой системы вредителем наблюдалось при прореживании 16 июня, но при завершении опыта нематоды на корнях сои отсутствовали.



**Таблица 3 – Влияние соевой цистообразующей нематоды на продуктивность растений сои сорта Сентябринка при однократном заражении в разные фазы вегетации**

**Table 3 – The influence of soybean cyst nematode on the productivity of soybean plants of Sentyabrinka cultivar during a once infection in different phases of the growing season**

| Вариант                          | Снижение семенной продуктивности по сравнению с контролем, % |                  |             | Масса семян в пересчете на 1 000 шт., г |
|----------------------------------|--|------------------|-------------|---|
|                                  | количество бобов   | количество семян | масса семян |   |
| Контроль                         | 0  | 0                | 0           | 169,8                                   |
| Заражение при посеве             | 1,2  | 1,2              | 1,4         | 163,4                                   |
| Заражение в фазу цветения        | 0,4  | -0,1             | -0,1        | 166,9                                   |
| Заражение в фазу бобообразования | 0,4  | 0,4              | 0,4         | 168,9                                   |

Воздействие вредителя в фазу цветения замедлило дальнейший рост растений, в связи с чем они по завершении опыта отставали от контроля и третьего варианта. Растения сои приступили к интенсивному цветению и бобообразованию с отставанием в 3–5 дней от контроля. Отмечено, что заражение соевой цистообразующей нематодой в фазу начала цветения имело слабый стимулирующий эффект на растения сои, при котором незначительное отставание в росте компенсировалось более плотным расположением бобов и большим числом семян.

Заражение в фазу бобообразования не оказало заметного влияния на состояние и рост растений. Количество бобов и семян, а также их масса соответствовали контролю (рис. 3).

Относительная редкость обнаружения вредителя на территории Амурской области не согласуется с его фактическим широким распространением и массовым размножением в Приморском крае и на юге Хабаровского края. Нами было выдвинуто предположение, что природа фактора, лимитирующего размножение вредителя на территории Амурской области, заключается во влиянии погодно-климатических условий, в частности длительном регулярном прогреве почвы.

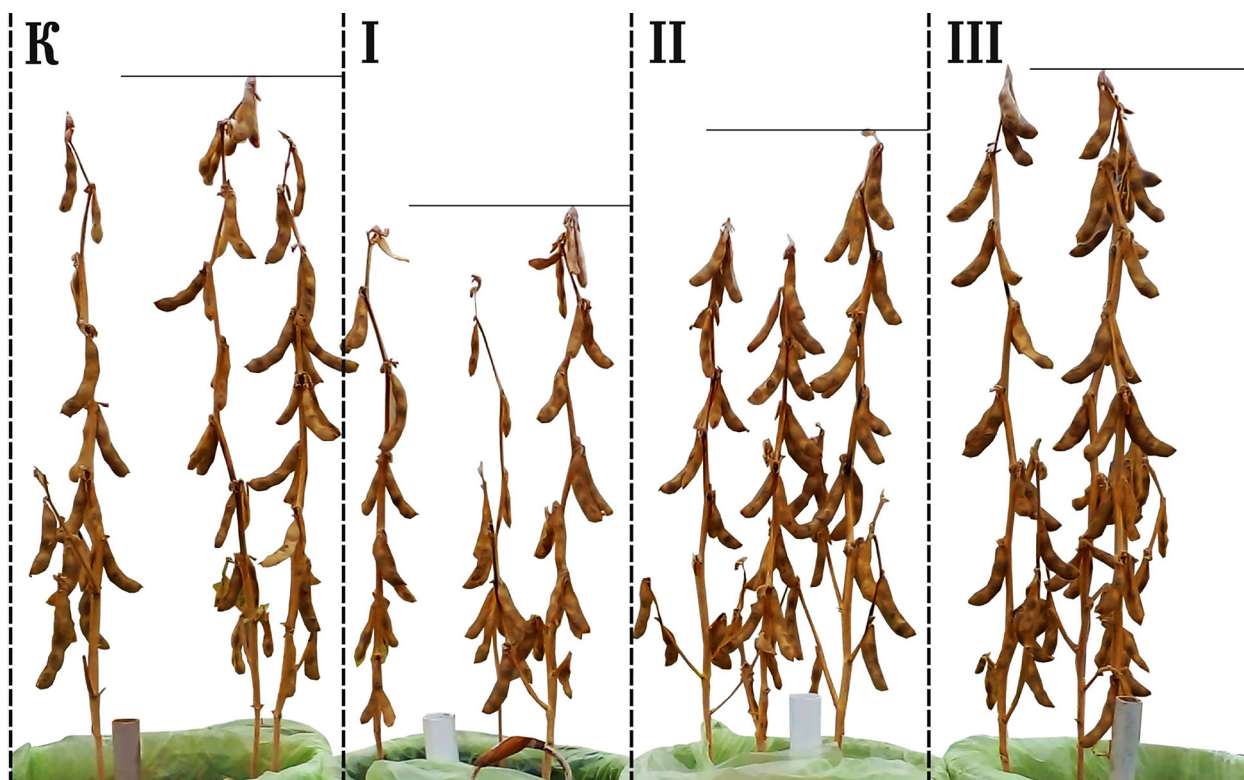
В литературе указывается, что нематода плохо переносит прогрев [14] и эти сведения подтверждаются неудачными вегетационными опытами, когда нематода погибала при прогреве почвы в вегетационных сосудах на температуру, превышающую или равную 28 °С, более чем

на пять дней. В Приморском крае грунт летом прогревается, а зимой промерзает слабее, чем в Амурской области, и эти различия могут быть причиной разницы в плотности и вредоносности вредителя.

Для проверки указанного предположения нами было проведено сравнение вредоносности нематоды из популяции Амурской области и нематоды из популяции Приморского края в идентичных температурных условиях вегетационного опыта. В опыте применялись цисты соевой нематоды из Тамбовского района Амурской области (с. Раздольное) и цисты из Кавалеровского района Приморского края (пос. Кавалерово). В сосуды варианта I добавлялось 200 г почвы, содержащей цисты из популяции Амурской области. В сосуды варианта II добавлялось соответствующее количество зараженной почвы из Приморского края. По достижении растениями сои фазы полной зрелости было подсчитано количество бобов, а также количество и масса семян (табл. 4).

В сравнении с контролем, однократное заражение нематодой из Амурской области привело к отставанию цветения на 2 дня и снижению урожайности примерно на 1,5 %. Заражение нематодой из Приморского края вызвало отставание на 3–5 дней, при этом уменьшение роста растений и снижение урожайности приблизительно составило 3 %.

Соевая цистообразующая нематода из популяции Приморского края оказала воздействие на растения сои вдвое большее, чем нематода из популяции Амурской области. Однако в обоих случаях



К – контроль, I – заражение при посеве, II – заражение в фазу цветения, III – заражение в фазу бобообразования  
 K – control, I – infection during sowing, II – infection during flowering stage, III – infection during pod formation stage

**Рисунок 3 – Реакция сорта Сентябринка на однократное заражение соевой цистообразующей нематодой в разные фенологические фазы**  
**Figure 3 – Reaction of Sentyabrinka cultivar to a once infection of soybean cyst nematode in different stages of growth**

**Таблица 4 – Влияние соевой цистообразующей нематоды из разных популяций на продуктивность растений сои сорта Сентябринка при однократном заражении**  
**Table 4 – The influence of soybean cyst nematode from different populations on the productivity of soybean plants of Sentyabrinka cultivar during a once infection**

| Вариант                      | Снижение семенной продуктивности по сравнению с контролем, % |                  |             | Масса семян в пересчете на 1 000 шт., г |
|------------------------------|--|------------------|-------------|---|
|                              | количество бобов   | количество семян | масса семян |   |
| Контроль                     | 0  | 0                | 0           | 165,6                                   |
| Нематода из Амурской области | 1,2  | 1,2              | 1,6         | 163,4                                   |
| Нематода из Приморского края | 2,1  | 1,7              | 3,7         | 162,9                                   |

снижение урожайности сорта оставалось в пределах статистической погрешности, что подтверждает высокую устойчивость сорта Сентябринка к соевой цистообразующей нематоды в условиях Амурской области. По результатам опыта, критическое влияние погодно-климатических условий на степень вредоносности нема-

тоды в регионах Дальнего Востока не подтвердилось, в то же время была выявлена разница в поведении вредителя из разных популяций.

Сравнение влияния типа почвы на степень устойчивости сои к заражению соевой нематодой проведено на примере луговой черноземовидной и бурой лесной

почв. Почвы близки по кислотности, содержанию фосфора и аммонийного азота; при этом луговая черноземовидная превосходит бурую лесную почву по содержанию калия и нитратного азота (табл. 5).

В 12 вегетационных сосудах, половина из которых были наполнены луговой черноземовидной почвой, а вторая половина – бурой лесной, были посажены семена сорта Сентябринка. Из 6 сосудов с одним типом почвы три подвергались инфицированию нематодой, остальные оставались контрольными.

**Таблица 5 – Характеристики луговой черноземовидной и бурой лесной почв (Амурская область)**

**Table 5 – Characteristics of meadow chernozem-like soil and brown forest soil from Amur region**

| Почва                   | рН  | Содержание элементов питания, мг/кг |                  |                 |                 |       |
|-------------------------|-----|-------------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------|
|                         |     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>       | K <sub>2</sub> O | азот            |                 |       |
|                         |     |                                     |                  | NO <sub>3</sub> | NH <sub>4</sub> | сумма |
| Луговая черноземовидная | 4,9 | 79                                  | 236              | 27,0            | 2,6             | 29,6  |
| Бурая лесная            | 5,0 | 64                                  | 83               | 14,0            | 2,2             | 16,2  |

У растений сои, высаженных в бурую лесную почву, сразу проявилась задержка в развитии. При этом формирование первых тройчатых листьев задержалось на 2–3 дня, цветение – на 5–7 дней. Максимальный рост в контрольном варианте с бурой лесной почвой оказался достигнут на 12–14 дней позже, чем в варианте с луговой черноземовидной почвой, разница в максимальном росте составила 72 мм (рис. 4).

В варианте с луговой черноземовидной почвой количество бобов снизилось



**Рисунок 4 – Реакция сорта Сентябринка на заражение *Heterodera glycines* (максимальный рост растений сои при посеве в луговую черноземовидную и в бурую лесную почвы)**

**Figure 4 – Reaction of Sentyabrinka cultivar to *Heterodera glycines* infection (maximum growth of soybean plants when sown in meadow chernozem-like and brown forest soils)**

на 1,3 %, количество семян на 1,8 %, масса семян на 1,2 %. В варианте с бурой лесной почвой количество бобов снизилось на 11,7 %, количество семян на 7,6 %, масса семян на 4,0 %. При этом в контрольном варианте с бурой лесной почвой по отношению к контрольному варианту с луговой черноземовидной почвой количество бобов снизилось на 23,7 %, количество семян на 26,0 %, масса семян на 20,7 % (табл. 6).

В результате, при оценке семенной продуктивности, разница между контрольными группами превысила разницу между контрольной группой и зараженными растениями в каждой из групп. В варианте с бурой лесной почвой, кроме того, при заражении соевой нематодой отмечено незначительное (7,5 %) повышение массы 1 000 семян по сравнению с контролем.

**Заключение.** В результате исследований выявлены сорта сои Сентябринка и Евгения, устойчивые к соевой цистообразующей нематоды (*Heterodera glycines*). При посеве в зараженную почву растения сорта Сентябринка не проявляют внешних симптомов угнетения, падение урожайности не превышает 1,2 % по сравнению с контролем. Таким образом, при риске заражения сои гетеродерозом в условиях Амурской области имеет смысл переходить на устойчивые к вредителю сорта сои местной селекции.

Также следует уничтожать дикие бобовые по периметру поля, особенно дикую сою, являющуюся одним из основных растений-хозяев для *Heterodera glycines*. Соевая цистообразующая нематода не переносит перегрев почвы и быстро погибает уже при прогреве грунта до 26–28 °С, поэтому следует по возможности избегать

**Таблица 6 – Семенная продуктивность сои сорта Сентябринка при заражении соевой цистообразующей нематодой в зависимости от типа почвы**

**Table 6 – Seed productivity of soybean cultivar Sentyabrinka when infected with soybean cyst nematode depending on soil type**

| Вариант                              | Семенная продуктивность на одно растение |                       |                | Масса семян в пересчете на 1 000 шт., г |
|--------------------------------------|--|-----------------------|----------------|---|
|                                      | количество бобов, шт.                    | количество семян, шт. | масса семян, г |   |
| <b>Луговая черноземовидная почва</b> |  |                       |                |   |
| Заражение повторность 1              | 28,3                                     | 70,0                  | 10,2           | 146,2                                   |
| Заражение повторность 2              | 29,0                                     | 64,9                  | 10,8           | 153,3                                   |
| Заражение повторность 3              | 27,6                                     | 67,3                  | 9,9            | 147,1                                   |
| <i>Заражение среднее</i>             | 28,3                                     | 67,4                  | 10,3           | 148,9                                   |
| Контроль повторность 1               | 37,3                                     | 91,3                  | 13,7           | 149,8                                   |
| Контроль повторность 2               | 28,3                                     | 74,3                  | 11,1           | 150,1                                   |
| Контроль повторность 3               | 31,6                                     | 82,0                  | 12,3           | 149,7                                   |
| <i>Контроль среднее</i>              | 32,4                                     | 82,5                  | 12,4           | 149,9                                   |
| <b>Буря лесная почва</b>             |  |                       |                |   |
| Заражение повторность 1              | 17,6                                     | 46,6                  | 7,3            | 157,1                                   |
| Заражение повторность 2              | 19,0                                     | 40,3                  | 8,0            | 163,7                                   |
| Заражение повторность 3              | 16,9                                     | 42,3                  | 7,7            | 158,2                                   |
| <i>Заражение среднее</i>             | 17,8                                     | 43,1                  | 7,7            | 159,7                                   |
| Контроль повторность 1               | 25,3                                     | 62,0                  | 9,0            | 144,8                                   |
| Контроль повторность 2               | 22,9                                     | 57,3                  | 8,7            | 152,1                                   |
| Контроль повторность 3               | 26,0                                     | 63,9                  | 9,5            | 148,7                                   |
| <i>Контроль среднее</i>              | 24,7                                     | 61,1                  | 9,1            | 148,5                                   |

высеваания сои в тени древесной растительности и на склонах северной экспозиции. Также для лучшего прогрева верхнего слоя почвы необходимо не допускать загущенных посевов.

Соевая цистообразующая нематода переносит затопление и переносится временными потоками воды в бессточные понижения поля, поэтому рельеф поля без бессточных понижений в условиях Амурской области менее подвержен риску появления участков с высокой концентрацией вредителя.

При посеве сои в бедные и истощенные почвы воздействие вредителя становится дополнительным фактором, угнетающим растения до состояния стресса, что приводит к снижению урожайности.

Для предупреждения распространения гетеродероза в регионе необходимо:

1) введение карантинных мер по предотвращению заноса на территорию области соевой цистообразующей нематоды из Приморского края;

2) проверка состояния корневой системы сои, особенно в понижениях поля и вымочках, так как обнаружение цист на корнях выступает наиболее надежным способом обнаружения вредителя;

3) при обнаружении вредителя – замена сои другими культурами (гречихой, рапсом или зерновыми) на протяжении минимум пяти лет;

4) ликвидация бессточных понижений на полях, способствующих концентрации вредителя.

#### Список источников

1. Прохоров П. П. Нематоды сои верхнего Приамурья : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1973. 25 с.
2. Глотова Л. Е. Нематоды сои и зерновых культур Приамурья. Благовещенск : Благовещенский сельскохозяйственный институт, 1977. 66 с.
3. Глотова Л. Е. Методические указания по диагностике и учету соевой цистообразующей нематоды. М., 1982. 14 с.
4. Глотова Л. Е., Малыш Л. К., Кравцова Н. Н., Глотова Е. В. Изучение устойчивости сои к цистообразующей нематоды // Устойчивость сои к болезням. 1987. Вып. 29. С. 11–16.
5. Власенко Е. В., Глотова Л. Е. Выявление расового состава соевой нематоды и устойчивость к ней сортов сои в Амурской области // Устойчивость сои к болезням. 1987. Вып. 29. С. 24–29.
6. Кравцова Н. Н. Цистообразующие нематоды сельскохозяйственных культур. Меры борьбы с ними в условиях Амурской области : лекция. Благовещенск : Благовещенский сельскохозяйственный институт, 1990. 24 с.
7. Кожушко И. Б., Тихончук П. В., Дубовицкая Л. К. Исходный материал для селекции сои на устойчивость к соевой цистообразующей нематоды : рекомендации. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2003. 33 с.
8. Дубовицкая Л. К., Ли Хунпэн, Положиева Ю. В. Оценка исходного материала сои на устойчивость к вредным организмам // Итоги координации научно-исследовательских работ по сое за 2011–2014 годы : материалы координационного совещания по сое зоны Дальнего Востока и Сибири. Благовещенск : Одеон, 2015. С. 80–86. EDN UIEKIT.
9. Кузьмин А. А., Анисимов Н. С. Анализ эффективности методов мониторинга энтомофауны в соевых агроценозах Амурской области // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2018. № 3 (199). С. 108–113. EDN YSDXNJ.
10. Журбицкий З. И. Теория и практика вегетационного метода. М. : Наука, 1968. 265 с.
11. Loureiro E. de S., Dias Neto J. A., Pessoa L. G. A., de Gregori G. S., da Silva W. K. A., Nichele M. [et al.]. Benefícios econômicos do manejo biológico de *Heterodera glycines* na cultura da soja // Revista De Gestão E Secretariado. 2024. Vol. 15. No. 1. P. 102–113. <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i1.3343>.
12. Noel G. R. IMP of soybean cyst nematode in the USA // Ciancio A., Mukerji K. G. (Eds.). Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops Nematodes. Vol. 2. Integrated management of plant pests and diseases. Dordrecht : Springer, 2008. P. 119–126. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6063-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6063-2_6).

13. Young L. D., Heatherly L. G. *Heterodera glycines* invasion and reproduction on soybean grown in clay and silt loam soils // Journal of Nematology. 1990. Vol. 22. No. 4. P. 618–619.

14. Ручков Е. Р. Оценка экспортного потенциала сои Дальнего Востока России, основанная на фитосанитарных требованиях стран-импортеров // Защита растений от вредных организмов : материалы X междунар. науч.-практ. конф. Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2021. С. 312–314. EDN MXNRUR.

### References

1. Prokhorov P. P. Soybean nematodes of the upper Amur region. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moscow, 1973, 25 p. (in Russ.).

2. Glotova L. E. *Nematodes of soybeans and grain crops of the Amur region*, Blagoveshchensk, Blagoveshchenskii sel'skokhozyaistvennyi institut, 1977, 66 p. (in Russ.).

3. Glotova L. E. *Guidelines for the diagnosis and recording of soybean cyst nematode*, Moscow, 1982, 14 p. (in Russ.).

4. Glotova L. E., Malysh L. K., Kravtsova N. N., Glotova E. V. Study of soybean resistance to cyst nematode. *Ustoichivost' soi k bolezniam*, 1987;29:11–16 (in Russ.).

5. Vlasenko E. V., Glotova L. E. Identification of the racial composition of the soybean nematode and the resistance of soybean varieties to it in the Amur region. *Ustoichivost' soi k bolezniam*, 1987;29:24–29 (in Russ.).

6. Kravtsova N. N. *Cyst nematodes of agricultural crops. Measures to control them in the Amur region: lecture*, Blagoveshchensk, Blagoveshchenskii sel'skokhozyaistvennyi institut, 1990, 24 p. (in Russ.).

7. Kozhushko I. B., Tikhonchuk P. V., Dubovitskaya L. K. *Source material for soybean breeding for resistance to soy cyst-forming nematode: recommendations*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2003, 33 p. (in Russ.).

8. Dubovitskaya L. K., Li Hunpen, Polozhieva Yu. V. Estimation of initial material soybean for resistance to pests. Proceedings from Results of coordination of research work on soybeans for 2011–2014: *Koordinatsionnoe soveshchanie po soe zony Dal'nego Vostoka i Sibiri*. (PP. 80–86), Blagoveshchensk, Odeon, 2015. EDN UIEKIT (in Russ.).

9. Kuzmin A. A., Anisimov N. S. Analysis of the efficiency of monitoring methods of entomofauna in soybean agrocoenosis of the Amur region. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*, 2018;3(199):108–113. EDN YSDXNJ (in Russ.).

10. Zhurbitsky Z. I. *Theory and practice of the vegetative method*, Moscow, Nauka, 1968, 265 p. (in Russ.).

11. Loureiro E. de S., Dias Neto J. A., Pessoa L. G. A., de Gregori G. S., da Silva W. K. A., Nichele M. [et al.]. Benefícios econômicos do manejo biológico de *Heterodera glycines* na cultura da soja. *Revista De Gestão E Secretariado*, 2024;15;1:102–113. <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i1.3343>.

12. Noel G. R. IMP of soybean cyst nematode in the USA. In.: Ciancio A., Mukerji K. G. (Eds.). *Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops Nematodes*. Vol. 2. *Integrated management of plant pests and diseases*, Dordrecht, Springer, 2008, P. 119–126. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6063-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6063-2_6).

13. Young L. D., Heatherly L. G. *Heterodera glycines* invasion and reproduction on soybean grown in clay and silt loam soils. *Journal of Nematology*, 1990;22;4:618–619.

14. Ruchkov E. R. Assessment of the export potential of soybeans in the Russian Far East, based on the phytosanitary requirements of importing countries. Proceedings from Plant protection from pests: *X Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 312–314), Krasnodar, Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2021. EDN MXNRUR (in Russ.).

© Кузьмин А. А., Анисимов Н. С., 2024

Статья поступила в редакцию 16.07.2024; одобрена после рецензирования 25.08.2024; принята к публикации 06.09.2024.

The article was submitted 16.07.2024; approved after reviewing 25.08.2024; accepted for publication 06.09.2024.

**Информация об авторах**

**Кузьмин Александр Александрович**, старший научный сотрудник, лаборатория земледелия, агрохимии и защиты растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0003-2228-2451, SCOPUS: 57220651019, Author ID: 818979, [kaa@yandex.ru](mailto:kaa@yandex.ru);

**Анисимов Николай Станиславович**, научный сотрудник, лаборатория земледелия, агрохимии и защиты растений, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0001-7356-7938, SCOPUS: 57193749718, Author ID: 661044, [havamall@mail.ru](mailto:havamall@mail.ru)

**Information about the authors**

**Alexander A. Kuzmin**, Senior Researcher, Laboratory of Agriculture, Agrochemistry and Plant Protection, All-Russian Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0003-2228-2451, SCOPUS: 57220651019, Author ID: 818979, [kaa@yandex.ru](mailto:kaa@yandex.ru);

**Nikolay S. Anisimov**, Researcher, Laboratory of Agriculture, Agrochemistry and Plant Protection, All-Russian Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0001-7356-7938, SCOPUS: 57193749718, Author ID: 661044, [havamall@mail.ru](mailto:havamall@mail.ru)

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

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

Научная статья

УДК 633.16(571.12)

EDN ZHAXEA

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-31-42>

### Исходный материал для селекции ячменя в северной лесостепи Тюменской области

Юрий Павлович Логинов<sup>1</sup>, Людмила Ивановна Якубышина<sup>2</sup>,  
Анастасия Афонасьевна Казак<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Государственный аграрный университет Северного Зауралья  
Тюменская область, Тюмень, Россия

<sup>3</sup> [kazakaa@gausz.ru](mailto:kazakaa@gausz.ru)

**Аннотация.** В статье авторы уделяют особое внимание изучению исходного материала ячменя по хозяйственно-ценным признакам, в том числе на создание высокобелковых форм для селекции. В данном случае отражены не только данные по полевым опытам, а также биохимический анализ зерна, расчет валового сбора белка. Данные показаны по исследованиям, проведенным в период 2019–2023 гг. на опытном поле Государственного аграрного университета Северного Зауралья, относительно изучения коллекционных сортов ячменя с целью выделения источников высокой белковости зерна и использования их в селекционных программах. Установлено, что выделенные источники высокой белковости зерна Вулкан, Кедр, Симон, Лука, Нудум 95, Etienne накопили белка 13,5–15,3 %, что на 2,2–4,0 % выше стандартного сорта Абалак. Валовый сбор белка составил 606,1–689,1 г/м<sup>2</sup>, что на 103,3–186,3 г/м<sup>2</sup> выше стандарта. Выделенные источники с высоким содержанием белка в зерне включены в скрещивания с широко распространенными реестровыми сортами Ача и Абалак, не только в Тюменской области, но и по всей России. Полученный исходный материал изучается согласно классической схеме селекционного процесса. Источники высокобелковости включены в питомник размножения и подлежат экологическому изучению в природно-климатических зонах Тюменской области.

**Ключевые слова:** ячмень, сорт, урожайность, белок, скрещивание, селекция ячменя

**Для цитирования:** Логинов Ю. П., Якубышина Л. И., Казак А. А. Исходный материал для селекции ячменя в северной лесостепи Тюменской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 31–42. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-31-42>.

Original article

### Source material for barley breeding in northern forest-steppe of Tyumen region

Yury P. Loginov<sup>1</sup>, Lyudmila I. Yakubyshina<sup>2</sup>, Anastasia A. Kazak<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Northern Trans-Ural State Agricultural University

Tyumen region, Tyumen, Russian Federation

<sup>3</sup> [kazakaa@gausz.ru](mailto:kazakaa@gausz.ru)

**Abstract.** In this article, the authors pay special attention to the study of the source material of barley for economically valuable characteristics, including the creation of high-protein forms for breeding. In this case, not only the data on field experiments are reflected, but also the biochemical analysis of grain and the calculation of the gross protein harvest. The data are shown in the article on research conducted in the period 2019–2023 at the experimental field of Northern Trans-Ural State Agricultural University for the study of collectible barley varieties in order to identify sources of high protein content of grain and use them in breeding programs. It was found that the isolated sources of high protein content of Vulkan, Kedr, Simon, Luka, Nudum 95, Etienne



accumulated protein of 13.5–15.3%, which is 2.2–4.0% higher than the standard Abalak variety. The gross protein harvest was 606.1–689.1 g/m<sup>2</sup>, which is 103.3–186.3 g/m<sup>2</sup> higher than the standard. Isolated sources with a high protein content in grain are included in crosses with widespread registered varieties Acha and Abalak, not only in the Tyumen region but throughout Russia. The obtained source material is studied according to the classical scheme of the breeding process. Sources of high protein content are included in the breeding nursery and ecological study in the natural and climatic zones of Tyumen region.

**Keywords:** barley, variety, yield, protein, crossing, barley breeding

**For citation:** Loginov Yu. P., Yakubyshina L. I., Kazak A. A. Source material for barley breeding in northern forest-steppe of Tyumen region. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;3:31–42. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-31-42>.

**Введение.** В годы перестройки товаропроизводители Тюменской области, как и многих других регионов страны, проявили большой интерес к сортам высокой экономической выгоды. Селекционеры были вынуждены отдать предпочтение выведению сортов отмеченного направления [1–4]. Успех не замедлил себя ждать, потому что пивоваренные сорта, имея низкое содержание белка в зерне (9–10 %), часто превосходят по урожайности сорта фуражного направления с содержанием белка 14 % и более [5–8].

На сортоиспытательных участках при оценке сортов ячменя не определяют содержание белка в зерне. Достоинство новых сортов устанавливают, в основном, по урожайности. Все сорта с высоким содержанием белка, но по урожайности одинаковые с пивоваренными сортами, бракуются, хотя по сбору белка с единицы площади они имеют преимущество перед первыми [9–13].

В настоящее время в реестр селекционных достижений по Тюменской области включены сорта: Челябинский 99, Ача, Деспина, Абалак, из них только один сорт Абалак фуражного направления, но и у него в зерне содержится лишь 11–12 % белка. Таким образом, 140 тысяч гектаров площади, отведенной в Тюменской области под ячмень, занимают низкобелковые сорта, урожай которых используется на корм животным, что привело к белковой проблеме в животноводстве. Тем не менее комбикорма, в приготовлении которых используют ячмень, балансируют по белку за счет использования дорогостоящих добавок, что приводит к увеличению затрат [14–17].

Производимое в Тюменской области зерно пивоваренного ячменя лишь в

небольшом объеме пригодно для приготовления пива. Основная же часть сырья, по-прежнему, завозится из европейской части нашей страны и из-за рубежа. В настоящее время в области только одно хозяйство (ООО «Опёновское» Ишимского района) выращивает ячмень на площади 2–3 тысячи гектар, зерно которого используется в пивоваренной промышленности.

В последние годы в Тюменской области отмечается рост поголовья крупного рогатого скота, численность которого достигла 47 тысяч голов; увеличивается численность свиней, овец, лошадей; быстрыми темпами развивается птицеводство. Поэтому необходимо увеличивать производство высокобелкового корма, в том числе создавать сорта ячменя с высоким содержанием белка в зерне.

Успех создания новых сортов с большими хозяйственными признаками, как отмечал Н. И. Вавилов (1966), зависит от наличия и изученности исходного материала.

**Цель исследования** состоит в изучении коллекции ярового ячменя и выделении источников с хозяйственно-ценными признаками и высоким содержанием белка в зерне для использования в селекционных программах и непосредственного испытания в хозяйствах северной лесостепи Тюменской области.

В задачи исследований входило изучение продолжительности вегетационного периода; устойчивости к полеганию; фотосинтетической активности листьев; структуры урожая и урожайности; содержания белка в зерне; связи между хозяйственными признаками.

**Условия, объекты и методика исследований.** Исследования проведены в 2019–2021 гг. на опытном поле Государ-

ственного аграрного университета Северного Зауралья, в северной лесостепи Тюменской области.

Годы исследований были контрастными по погодным условиям. Так, 2019 и 2020 гг. относятся к благоприятным по теплу и влагообеспеченности, 2021 г. – сухой и жаркий. Изучаемые сорта ячменя созрели в начале и середине третьей декады августа. Зерно при обмолоте имело влажность 11–14 %.

Почва чернозем выщелоченный, тяжелосуглинистая по гранулометрическому составу, средне обеспечена азотом и фосфором, хорошо – калием; рН составляет 6,7; содержание гумуса – 7,2 %.

Предшественником выступал сидеральный пар из горчицы белой. Обработка почвы – общепринятая для культуры в зоне. Минеральные удобрения вносились в дозе  $N_{45}P_{45}K_{30}$  кг д. в./га.

Площадь делянки составила 30 м<sup>2</sup>, учетная площадь 25 м<sup>2</sup>; повторность четырехкратная; размещение делянок рендомизированное. Посев проведен 18–20 мая при температуре почвы 12–14 °С, норма высева составила 550 зерен на 1 м<sup>2</sup>.

За объект исследования взяты коллекционные сорта ячменя и стандартные сорта Ача, Абалак.

Исследования проведены по методикам ВНИИР имени Н. И. Вавилова (1999), Государственного испытания сортов сельскохозяйственных культур (1989). Изучение генетических ресурсов зерновых культур по устойчивости к вредным организмам осуществлялось с использованием методики ВИЗР (2008).

Изучение площади листьев и продуктивности сельскохозяйственных культур производили по методике А. А. Ничипоровича (1967).

Урожайные данные обработаны статистическим методом с применением методики полевого опыта, изложенной в работе Б. А. Доспехова (1985).

**Результаты исследований и их обсуждение.** По многолетним наблюдениям, среди яровых зерновых культур в Тюменской области ячмень ежегодно созревает на 7–10 суток раньше пшеницы и овса. Тем не менее, при изучении сортов ячменя инорайонной селекции особое внимание уделяется продолжительности вегетационного периода (табл. 1).

**Таблица 1 – Продолжительность межфазных периодов сортов ячменя, 2019–2021 гг.**  
**Table 1 – Duration of interphase periods of barley varieties, 2019–2021**

| Сорт                     | Происхождение                         | Период, суток       |                       |                   | Отклонение от стандарта |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|
|                          |                                       | всходы – колосшение | колосшение – спелость | всходы – спелость |                         |
| Ача, стандарт            | Новосибирская область                 | 34±2                | 36±3                  | 70±3              | –                       |
| Абалак, стандарт         | Тюменская область и Красноярский край | 36±1                | 37±4                  | 73±3              | +3                      |
| Вулкан                   | Красноярский край                     | 32±1                | 34±2                  | 66±2              | –4                      |
| Кедр                     | Красноярский край                     | 35±2                | 38±3                  | 73±3              | +3                      |
| Золотник                 | Алтайский край                        | 36±3                | 39±5                  | 75±4              | +5                      |
| Симон                    | Кемеровская область                   | 33±2                | 37±4                  | 70±3              | –                       |
| Лука                     | Кемеровская область                   | 34±2                | 39±5                  | 73±4              | +3                      |
| Г 18298                  | Новосибирская область                 | 35±1                | 39±6                  | 74±5              | +4                      |
| Нудум 95                 | Челябинская область                   | 36±1                | 37±3                  | 73±2              | +3                      |
| Etienne                  | Канада                                | 34±3                | 34±2                  | 68±2              | –2                      |
| Ns GL1                   | Югославия                             | 33±2                | 35±3                  | 68±3              | –2                      |
| <i>HCP</i> <sub>05</sub> |                                       | 0,9                 | 1,3                   | 1,1               | –                       |

Из анализа данных таблицы следует, что продолжительность межфазного периода «всходы – колошение» изменялась от 32 суток у сорта Вулкан до 36 суток у сортов Абалак, Золотник, Нудум 95. Необходимо отметить, что анализируемый период слабо варьирует по годам, чем период «колошение – спелость»; следовательно, он генетически обусловлен сильнее. Его можно использовать как маркерный признак при отборе скороспелых форм ячменя из гибридных популяций и другого исходного материала.

Второй межфазный период «колошение – спелость» был продолжительнее первого на 1–5 суток, за исключением сорта Etienne (Канада). В целом вегетационный период у изученных сортов ячменя измерялся от 66 суток у сорта Вулкан до 75 суток у сорта Золотник; у стандартных сортов составил 70–73 суток. При этом сорта Etienne, Ns GL1, Вулкан созрели на 2–4 суток раньше стандартного сорта Ача.

За последнее десятилетие селекционеры страны успешно решают задачу по созданию сортов, устойчивых к полеганию, хотя в Сибири предстоит еще большая работа в этом направлении. Здесь часто наблюдается полегание посевов яч-

меня, особенно в годы с выпадением большого количества осадков во второй половине лета.

Показатели устойчивости сортов ячменя к полеганию показаны в таблице 2.

Устойчивость растений ячменя к полеганию, в первую очередь, зависит от их высоты, которая изменялась от 71 см у сорта Вулкан до 90 см у сорта Золотник; у стандартных сортов она была 79–82 см.

В значительной степени устойчивость растений зависит также от длины нижних междоузлий и массы 1 см соломины, то есть от плотности стенок соломины. Так, длина первого снизу междоузлия варьировала от 4,2 см у сорта Etienne до 6,5 см у сортов Золотник и Г 18298. Длина второго снизу междоузлия изменялась также в довольно широком интервале: от 10 см у канадского сорта Etienne до 15,2 см у Г 18298. Сорта ячменя с укороченными нижними междоузлиями имели высокую массу 1 см соломины второго междоузлия и оценены семью баллами по устойчивости к полеганию; напротив, сорта с длинными нижними междоузлиями и высоким стеблем имеют низкий балл по устойчивости к полеганию. К ним отнесены сорта Золотник и Г 18298.

**Таблица 2 – Устойчивость сортов ячменя к полеганию, 2019–2021 гг.**

**Table 2 – Resistance of barley varieties to lodging, 2019–2021**

| Сорт                     | Высота растений, см | Длина нижних междоузлий, см |          | Масса 1 см соломины, мг | Устойчивость к полеганию, балл |
|--------------------------|---------------------|-----------------------------|----------|-------------------------|--------------------------------|
|                          |                     | первого                     | второго  |                         |                                |
| Ача, стандарт            | 79±4                | 5,9±0,5                     | 12,4±1,2 | 14,1±0,7                | 5                              |
| Абалак, стандарт         | 82±6                | 5,6±0,8                     | 11,2±1,4 | 14,8±0,9                | 5                              |
| Вулкан                   | 71±3                | 4,8±0,5                     | 10,5±0,8 | 16,3±1,4                | 7                              |
| Кедр                     | 85±5                | 5,2±0,9                     | 11,7±1,3 | 15,6±1,7                | 7                              |
| Золотник                 | 90±7                | 6,5±0,6                     | 14,9±1,5 | 13,7±1,3                | 3                              |
| Симон                    | 83±4                | 5,4±0,4                     | 11,0±0,9 | 15,4±1,5                | 5                              |
| Лука                     | 81±3                | 5,1±0,5                     | 10,8±1,1 | 16,1±1,8                | 7                              |
| Г 18298                  | 87±6                | 6,5±0,6                     | 15,2±1,5 | 13,6±1,2                | 3                              |
| Нудум 95                 | 78±4                | 5,3±0,4                     | 11,7±0,8 | 14,9±1,4                | 5                              |
| Etienne                  | 74±3                | 4,2±0,8                     | 10,0±1,2 | 15,3±1,8                | 7                              |
| Ns GL1                   | 72±5                | 5,0±0,5                     | 10,9±0,8 | 16,8±2,1                | 7                              |
| <i>HCP</i> <sub>05</sub> | 5,7                 | 0,8                         | 1,4      | 1,5                     | 0,9                            |

По фотосинтетической активности листьев ячменя в Сибири проведено мало исследований. До сих пор не разработана полностью модель будущего сорта по габитусу растения, конструкции и расположению листьев относительно стебля, поэтому коэффициент использования солнечной энергии остается на недостаточно высоком уровне.

О показателях фотосинтетической активности листьев сорта ячменя можно судить по данным таблицы 3.

Из анализа данных таблицы следует, что сорта ячменя сильно различаются между собой по каждому изученному признаку; в то же время в пределах каждого признака есть сорта, которые близки к идеальному сорту. Так, по углу отхождения листьев от стебля привлекают внимание сорта Вулкан, Лука, Ns GL1. У этих сортов листья расположены под более острым углом относительно стебля, они меньше затеняют нижние листья и больше усваивают солнечной энергии.

Качество листьев у изученных сортов изменяется от 9 до 14, что зависит, в основном, от кустистости растений. Кста-

ти, в отношении кустистости растений ячменя в условиях Сибири проведено мало исследований, а полученные данные носят отрывочный характер.

Что касается площади листьев сортов ячменя, то она сформировалась на уровне 28,3–35,0 тыс. м<sup>2</sup>/га, при этом выделились сорта Кедр, Лука, Ns GL1. Указанные сорта выделились также по фотосинтетическому потенциалу и продуктивности фотосинтеза.

По устойчивости к основным болезням сорта ячменя оценены 5–9 баллами (табл. 4), за исключением сортов Etienne, Нудум 95, Золотник, Ача, из которых первый сорт устойчив к мучнистой росе, а остальные – к корневым гнилям.

Изучение формирования элементов структуры урожайности у коллекционных сортов ячменя необходимо в том плане, что оно позволит в перспективе научно обоснованно подбирать родительские формы для скрещивания. Этот метод разработал В. Е. Писарев на Тулунской селекционной станции и, используя его в селекции зерновых культур, создал серию высокоурожайных сортов пшеницы

**Таблица 3 – Фотосинтетическая активность листьев сортов ячменя, 2019–2021 гг.**  
**Table 3 – Photosynthetic activity of barley leaves, 2019–2021**

| Сорт              | Листьев на растении, шт. | Угол отхождения листа от стебля, град. | Площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га | Фотосинтетический потенциал, м <sup>2</sup> /сутки, га | Продуктивность фотосинтеза, г×м <sup>2</sup> /сутки |
|-------------------|--------------------------|--|--|--|---|
| Ача, стандарт     | 9                        | 85                                     | 31,7                                     | 792  | 5,7   |
| Абалак, стандарт  | 11                       | 79                                     | 33,4                                     | 827  | 5,8   |
| Вулкан            | 10                       | 67                                     | 30,2                                     | 760  | 5,6   |
| Кедр              | 13                       | 84                                     | 35,0                                     | 904  | 6,4   |
| Золотник          | 9                        | 78                                     | 30,7                                     | 769  | 5,5   |
| Симон             | 14                       | 70                                     | 32,9                                     | 811  | 5,9   |
| Лука              | 12                       | 67                                     | 34,1                                     | 883  | 6,1   |
| Г18298            | 10                       | 84                                     | 29,6                                     | 751  | 5,5   |
| Нудум 95          | 9                        | 78                                     | 28,3                                     | 728  | 5,3   |
| Etienne           | 14                       | 76                                     | 32,0                                     | 805  | 5,8   |
| Ns GL1            | 13                       | 59                                     | 34,2                                     | 880  | 6,1   |
| НСР <sub>05</sub> | 1,7                      | 8,3                                    | 2,1                                      | 16,8   | 0,4   |

Таблица 4 – Устойчивость сортов ячменя к болезням, 2019–2021 гг.

Table 4 – Disease resistance of barley varieties, 2019–2021

| Сорт             | Устойчивость (балл) к болезням: |            |                |                 |
|------------------|---------------------------------|------------|----------------|-----------------|
|                  | пятнистости листьев             | септориозу | мучнистой росе | корневым гнилям |
| Ача, стандарт    | 5                               | 7          | 5              | 3               |
| Абалак, стандарт | 5                               | 9          | 5              | 5               |
| Вулкан           | 7                               | 5          | 7              | 5               |
| Кедр             | 5                               | 7          | 7              | 5               |
| Золотник         | 7                               | 7          | 9              | 3               |
| Симон            | 5                               | 9          | 5              | 7               |
| Лука             | 7                               | 5          | 7              | 5               |
| Г18298           | 9                               | 7          | 7              | 5               |
| Нудум 95         | 7                               | 5          | 5              | 3               |
| Etienne          | 7                               | 7          | 3              | 7               |
| Ns GL1           | 9                               | 5          | 7              | 5               |

Примечания: 3 балла – низкая устойчивость; 5 баллов – средняя устойчивость; 7 баллов – высокая устойчивость; 9 баллов – очень высокая устойчивость.

(Ударница, Иркутская 49, Тулунская 197, Скала), а также ячменя (Неполегающий, Тулунский и др.).

Данные по структуре урожайности коллекционных сортов ячменя приведены в таблице 5.

По густоте всходов и сохранности растений к уборке выделились сорта Вулкан, Симон, Г 18298, которые имели густоту всходов 458–476 шт./м<sup>2</sup> и сохранность растений к уборке 411–430 шт./м<sup>2</sup>. У стандартных сортов данные показатели составили 411–437 и 375–404 шт./м<sup>2</sup> соответственно.

Сорта Нудум 95, Симон, Ns GL1 сформировали в колосе 22–23 зерна, что выше на 3–5 зерен по сравнению со стандартами. Масса 1 000 зерен изменялась от 42,7 г у сорта Нудум 95 до 51,6 г у сорта Золотник; при этом в лучшую сторону выделились Etienne, Г18298, Золотник. Хорошо развитый колос с массой зерна 1,19–1,34 г имели сорта Ns GL1, Кедр, Etienne, что выше по сравнению со стандартными и другими коллекционными сортами.

Из проанализированных структурных элементов складывается показатель урожайности (табл. 6). Она зависела от генетических особенностей сорта и погод-

ных условий в годы исследований. Стабильно по годам формировали урожайность сорта Вулкан, Симон, Кедр, Лука, Etienne – в среднем 449–487 г/м<sup>2</sup>, что на 28–66 г/м<sup>2</sup> выше стандартного сорта Ача и на 4–42 г/м<sup>2</sup> выше второго стандартного сорта Абалак.

Главная задача селекционной науки на современном этапе развития растениеводства в Тюменской области состоит в увеличении содержания белка в зерне ячменя на 25–30 %. В прошлом в регионе возделывался сорт ячменя Айхал, который на полях многих хозяйств северной лесостепной зоны стабильно накапливал в зерне 14–15 % белка и более. К сожалению, в годы перестройки белковость зерна ячменя опустилась до 10 % и ниже, поэтому селекционерам Сибири в ближайшем будущем требуется увеличить белковость зерна фуражных культур.

Выделенные источники по белковости зерна ячменя имеют неоспоримое преимущество перед стандартными сортами (табл. 7). В среднем за три года содержание белка в зерне стандартного сорта Ача составило 10,5 %, при этом варьирование по годам было от 9,8 до 11,4 %; у второго стандартного сорта Абалак среднее содер-

Таблица 5 – Структура урожайности сортов ячменя, 2019–2021 гг.

Table 5 – Yield structure of barley varieties, 2019–2021

| Сорт                     | Густота всходов на 1 м <sup>2</sup> , шт. | Сохранилось растений к уборке на 1 м <sup>2</sup> , шт. | Коэффициент продуктивной кустистости | Зерен в колосе, шт. | Масса, г    |                |
|--------------------------|---|---|--------------------------------------|---------------------|-------------|----------------|
|                          |   |   |                                      |                     | 1 000 зерен | зерна с колоса |
| Ача, стандарт            | 412                                       | 375   | 1,43                                 | 17                  | 47,1        | 0,93           |
| Абалак, стандарт         | 437                                       | 404   | 1,39                                 | 19                  | 49,5        | 1,10           |
| Вулкан                   | 461                                       | 430   | 1,51                                 | 16                  | 43,2        | 0,87           |
| Кедр                     | 409                                       | 382   | 1,48                                 | 21                  | 47,9        | 1,22           |
| Золотник                 | 385                                       | 347   | 1,62                                 | 18                  | 51,6        | 0,98           |
| Симон                    | 458                                       | 411   | 1,56                                 | 23                  | 48,4        | 1,05           |
| Лука                     | 424                                       | 393   | 1,47                                 | 20                  | 46,8        | 1,13           |
| Г18298                   | 476                                       | 428   | 1,35                                 | 18                  | 50,3        | 0,88           |
| Нудум 95                 | 390                                       | 366   | 1,59                                 | 22                  | 42,7        | 1,16           |
| Etienne                  | 403                                       | 370   | 1,36                                 | 16                  | 48,5        | 1,34           |
| Ns GL1                   | 379                                       | 342   | 1,44                                 | 23                  | 46,0        | 1,19           |
| <i>HCP</i> <sub>05</sub> | 27  | 19  | 0,13                                 | 2                   | 4           | 0,21           |

Таблица 6 – Урожайность сортов ячменя, 2019–2021 гг.

Table 6 – Yield of barley varieties, 2019–2021

| Сорт                     | Урожайность, г/м <sup>2</sup> |         |         |         | Отклонение от стандарта | Показатель вариации, % |
|--------------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|-------------------------|------------------------|
|                          | 2019 г.                       | 2020 г. | 2021 г. | средняя |                         |                        |
| Ача, стандарт            | 437                           | 462     | 364     | 421     | –24                     | 1,79                   |
| Абалак, стандарт         | 460                           | 485     | 391     | 445     | –                       | 1,65                   |
| Вулкан                   | 473                           | 508     | 436     | 472     | +27                     | 1,27                   |
| Кедр                     | 519                           | 490     | 452     | 487     | +42                     | 1,21                   |
| Золотник                 | 406                           | 441     | 414     | 420     | –25                     | 1,08                   |
| Симон                    | 482                           | 538     | 423     | 481     | +36                     | 1,58                   |
| Лука                     | 505                           | 473     | 440     | 472     | +27                     | 1,21                   |
| Г18298                   | 401                           | 469     | 424     | 431     | –14                     | 1,42                   |
| Нудум 95                 | 388                           | 432     | 407     | 409     | –36                     | 1,17                   |
| Etienne                  | 453                           | 480     | 415     | 449     | +4                      | 1,30                   |
| Ns GL1                   | 406                           | 454     | 371     | 410     | –35                     | 1,61                   |
| <i>HCP</i> <sub>05</sub> | 92                            | 29      | 17      | –       | –                       | –                      |

Таблица 7 – Содержание белка в зерне сортов ячменя, 2019–2021 гг.

Table 7 – Protein content in barley grain varieties, 2019–2021

| Сорт                     | Белок, % |         |         |         | Отклонение от стандарта |
|--------------------------|----------|---------|---------|---------|-------------------------|
|                          | 2019 г.  | 2020 г. | 2021 г. | средняя |                         |
| Ача, стандарт            | 9,8      | 10,8    | 11,4    | 10,5    | –8                      |
| Абалак, стандарт         | 10,6     | 11,2    | 12,1    | 11,3    | –                       |
| Вулкан                   | 13,9     | 14,7    | 15,3    | 14,6    | +3,3                    |
| Кедр                     | 13,5     | 14,0    | 14,8    | 14,1    | +2,8                    |
| Золотник                 | 12,7     | 14,2    | 13,5    | 13,4    | + 2,1                   |
| Симон                    | 13,0     | 13,4    | 14,1    | 13,5    | +2,2                    |
| Лука                     | 14,2     | 12,9    | 15,3    | 14,1    | + 2,8                   |
| Г 18298                  | 13,1     | 13,7    | 14,5    | 13,7    | +2,4                    |
| Нудум 95                 | 14,6     | 13,3    | 16,1    | 15,3    | + 4,0                   |
| Etienne                  | 13,9     | 13,5    | 14,0    | 13,5    | +2,2                    |
| Ns GL1                   | 12,9     | 14,2    | 13,8    | 13,6    | +2,3                    |
| <i>HCP</i> <sub>05</sub> | 1,2      | 0,9     | 1,7     | –       | –                       |

жание белка составило 11,3 % при варьировании от 10,6 до 12,1 %, что на уровне сорта Ача. Выделенные источники по содержанию белка превысили лучший стандарт на 2,1–4,0 %. По анализируемому показателю следует особо отметить сорта Вулкан, Кедр, Лука, Нудум 95.

К важным показателям также относится валовой сбор белка с единицы площади (табл. 8).

При сборе белка с одного квадратного метра, составившего у стандартных сортов 442,0–502,8 г/м<sup>2</sup>, изучаемые сорта ячменя превысили соответствующие

Таблица 8 – Валовой сбор белка с одного квадратного метра, 2019–2021 гг.

Table 8 – Gross protein harvest per square meter, 2019–2021

| Сорт                     | Сбор белка с 1 м <sup>2</sup> , г |         |         |         | Отклонение от стандарта |
|--------------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|-------------------------|
|                          | 2019 г.                           | 2020 г. | 2021 г. | средний |                         |
| Ача, стандарт            | 428,2                             | 475,8   | 414,9   | 442,0   | –60,8                   |
| Абалак, стандарт         | 487,6                             | 543,3   | 473,1   | 502,8   | –                       |
| Вулкан                   | 657,4                             | 746,7   | 567,1   | 689,1   | +186,3                  |
| Кедр                     | 700,6                             | 686,0   | 668,9   | 686,6   | +183,8                  |
| Золотник                 | 515,5                             | 626,2   | 558,9   | 562,8   | +60,0                   |
| Симон                    | 626,6                             | 720,9   | 596,4   | 649,3   | +146,5                  |
| Лука                     | 717,1                             | 610,2   | 673,2   | 665,5   | +162,7                  |
| Г 18298                  | 525,3                             | 642,5   | 614,8   | 590,4   | +87,6                   |
| Нудум 95                 | 566,4                             | 660,9   | 655,2   | 625,7   | +122,9                  |
| Etienne                  | 629,6                             | 648,0   | 581,0   | 606,1   | +103,3                  |
| Ns GL1                   | 523,7                             | 644,6   | 511,9   | 557,6   | +54,8                   |
| <i>HCP</i> <sub>05</sub> | 42,9                              | 35,2    | 47,4    | –       | –                       |

стандарты на 54,8–186,3 г/м<sup>2</sup>. К лучшим сортам отнесены Вулкан, Кедр, Симон, Лука, Нудум 95, Etienne.

Выделенные высокобелковые сорта ячменя в 2021 г. включены в гибридизацию с реестровыми сортами Ача и Аба-лак. Также по сортам Вулкан, Кедр, Симон, Лука начато размножение семян и организовано экологическое испытание в природно-климатических зонах области.

Выделенные по белковости зерна коллекционные сорта ячменя в период 2022–2023 гг. в питомнике размножения по предшественнику картофель дали урожайность зерна 39,1–43,8 т/га, стандартный сорт Ача – 42,7 т/га; содержание белка при этом составило 14,3–15,9 %, у стандарта – 11,7 %.

Расчет коэффициентов корреляций показал, что между урожайностью и полевой всхожестью связь тесная положительная (0,87±0,13); между количеством зерен в колосе и массой зерна с колоса связь от средней до сильной (от 0,52±0,08 до 0,79±0,11); между урожайностью и крупностью зерна связь слабая положительная (0,28±0,05); между высотой стебля и урожайностью связь положительная от средней до сильной (от 0,49±0,07 до 0,83±0,14); между урожайностью и содержанием белка в зерне связь отрицательная (минус 0,36±0,04).

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что в числе изученных коллекционных сортов ячменя есть источники с высоким содержанием белка в зерне (Вулкан, Кедр, Лука, Нудум 95).

Источники высокого содержания белка в зерне с хорошо проявленными другими ценными хозяйственными признаками использованы в селекционных программах. Полученный исходный материал изучается согласно схеме селекционного процесса.

Выделены источники ярового ячменя по хозяйственно-ценным признакам:

скороспелости: Etienne, Ns GL1, Вулкан;

устойчивости к полеганию: Вулкан, Кедр, Лука, Etienne, Ns GL1;

количеству зерна в колосе: Нудум 95, Симон, Ns GL1;

массе 1 000 зерен: Etienne, Г18298, Золотник;

массе зерна с колоса: Etienne, Ns GL1, Кедр;

содержанию белка в зерне: Вулкан, Кедр, Лука, Нудум 95.

Высокобелковые сорта Вулкан, Кедр, Симон, Лука включены в питомник размножения и экологическое испытание по природно-климатическим зонам Тюменской области.

#### Список источников

1. Логинов Ю. П., Казак А. А., Якубышина Л. И. Сортные ресурсы ячменя в Западной Сибири // Аграрный вестник Урала. 2012. № 7 (99). С. 8–10. EDN PWTBQV.
2. Казак А. А., Якубышина Л. И., Логинов Ю. П. Роль сорта в производстве фуражного зерна ячменя // Перспективы развития АПК в работах молодых ученых : материалы регион. науч.-практ. конф. Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2014. С. 64–72. EDN ТРАКRN.
3. Поляков М. В., Белкина Р. И., Шулепова О. В. Яровая пшеница и ячмень в Северном Зауралье: сорта, элементы технологии, урожайность и качество зерна. Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. 148 с. EDN CQORJY.
4. Shulepova O. V., Belkina R. I., Opanasyuk I. V. Barley yield analysis in the Russian Federation // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology. 2020. Vol. 21. No. 71–72. P. 181–192. EDN PMPBFV.
5. Yakubyshina L. I., Kazak A. A., Loginov Yu. P. Using the method of electrophoresis in farming seeds of barley varieties of Grade Odessa 100 // Ecology, Environment and Conservation. 2018. Vol. 24. No. 2. P. 1001–1007. EDN RZYRJK.
6. Яковлев В. К., Першаков А. Ю., Белкина Р. И. Продуктивность и качество зерна пивоваренных сортов ячменя в Северном Зауралье // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 12 (135). С. 10–15. EDN TBRGUB.



7. Иванова Ю. С., Фомина М. Н., Ярославцев А. А. Агрометеорологическая характеристика сортов ярового ячменя в условиях Тюменской области // Эпоха науки. 2023. № 35. С. 18–23. EDN MYUROO.
8. Шулепова О. В., Белкина Р. И. Качество зерна сортов ячменя в условиях Северного Зауралья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 10 (133). С. 9–14. EDN ZRSXAB.
9. Полонский В. И., Сурин Н. А., Герасимов С. А., Липшин А. Г., Сумина А. В., Зюте С. А. Оценка образцов ячменя на содержание  $\beta$ -глюканов в зерне и другие ценные признаки в условиях Восточной Сибири // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182. № 1. С. 48–58. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-1-48-58>. EDN HQCNRL.
10. Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Герасимов С. А., Липшин А. Г. Оценка коллекционных образцов ярового ячменя в селекции на продуктивность и качество зерна в условиях Восточной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 5. С. 41–44. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10510>. EDN XROGYR.
11. Шулепова О. В., Белкина Р. И. Формирование элементов продуктивности и качества зерна у сортов ярового ячменя в Северном Зауралье. Тюмень : ВекторБук, 2019. 160 с. EDN HMYFTN.
12. Шулепова О. В., Санникова Н. В., Ковалева О. В. Содержание протеина в зерне сортов ячменя под влиянием защитных и стимулирующих препаратов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (61). С. 83–86. EDN GZWTOS.
13. Belkina R. I., Pershakov A. Yu., Gubanova V. M. The yield and grain quality of barley varieties in the northern forest steppe of the Tyumen region // Plant Science Today. 2021. Vol. 8. No. 2. P. 229–235. <https://doi.org/10.14719/pst.2021.8.2.943>.
14. Байкалова Л. П., Серебренников Ю. И., Янова М. А. Яровой ячмень в Восточной Сибири. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2014. 372 с. EDN LUQTQO.
15. Николаев П. Н., Юсова О. А., Аниськов Н. И., Ковалева О. Н., Сафонова И. В. Ретроспективный анализ сортов ярового ячменя омской селекции (1936–2021 гг.) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. Т. 184. № 2. С. 120–138. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-2-120-138>. EDN MIVGMO.
16. Заушинцена А. В. Источники биологических свойств и хозяйственно ценных признаков для селекции ячменя // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2019. № 12 (153). С. 64–68. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2019-12-64-68>. EDN PGLWHW.
17. Сурин Н. А., Герасимов С. А., Ляхова Н. Е. Адаптивность и экологическая пластичность ячменя в условиях лесостепи Красноярского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 6. С. 15–23. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-6-2>. EDN CDPVLS.
18. Прядун Ю. П., Логинов Ю. П., Якубышина Л. И., Шаталина Л. П. Оценка и использование коллекции ВИР в селекции ярового ячменя фуражного направления в Челябинской области. Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2024. 221 с. EDN SYSVCN.

## References

1. Loginov Yu. P., Kazak A. A., Yakubyshina L. I. Varietal resources of barley in Western Siberia. *Agrarnyi vestnik Urala*, 2012;7(99):8–10. EDN PWTBQV (in Russ.).
2. Kazak A. A., Yakubyshina L. I., Loginov Yu. P. The role of the variety in the production of barley feed grain. Proceedings from Prospects for the development of agriculture in the works

of young scientists: *Regional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 64–72), Tyumen', Gosudarstvennyi agrarnyi universitet Severnogo Zaural'ya, 2014. EDN TPAKRN (in Russ.).

3. Polyakov M. V., Belkina R. I., Shulepova O. V. *Spring wheat and barley in the Northern Urals: varieties, elements of technology, yield and grain quality*, Tyumen', Gosudarstvennyi agrarnyi universitet Severnogo Zaural'ya, 2020, 148 p. EDN CQORJY (in Russ.).

4. Shulepova O. V., Belkina R. I., Opanasyuk I. V. Barley yield analysis in the Russian Federation. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 2020;21;71–72:181–192. EDN PMPBFV.

5. Yakubyshina L. I., Kazak A. A., Loginov Yu. P. Using the method of electrophoresis in farming seeds of barley varieties of Grade Odessa 100. *Ecology, Environment and Conservation*, 2018;24;2:1001–1007. EDN RZYRJK.

6. Yakovlev V. K., Pershakov A. Yu., Belkina R. I. Productivity and grain quality of malting barley in Northern Trans-Urals. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017;12(135):10–15. EDN TBRGUB (in Russ.).

7. Ivanova Yu. S., Fomina M. N., Yaroslavtsev A. A. Agrometeorological characteristics of spring barley varieties in the conditions of the Tyumen region. *Epokha nauki*, 2023;35:18–23. EDN MYUROO (in Russ.).

8. Shulepova O. V., Belkina R. I. Grain quality of barley varieties in the conditions of Northern Trans-Urals. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017;10(133):9–14. EDN ZRSXAB (in Russ.).

9. Polonskiy V. I., Surin N. A., Gerasimov S. A., Lipshin A. G., Sumina A. V., Zute S. A. Evaluation of barley genotypes for the content of  $\beta$ -glucans in grain and other valuable features in Eastern Siberia. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*, 2021;182;1:48–58. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-1-48-58>. EDN HQCNRL (in Russ.).

10. Surin N. A., Lyakhova N. E., Gerasimov S. A., Lipshin A. G. Evaluation of collection samples of spring barley in the breeding on productivity and quality of grain under conditions of Eastern Siberia. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2018;32;5:41–44. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10510>. EDN XROGYF (in Russ.).

11. Shulepova O. V., Belkina R. I. *Formation of elements of productivity and grain quality in spring barley varieties in the Northern Urals*, Tyumen', VektorBuk, 2019, 160 p. EDN HMYFTN (in Russ.).

12. Shulepova O. V., Sannikova N. V., Kovaleva O. V. Protein content in barley grain varieties under the influence of protective and stimulating drugs. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020;2(61):83–86. EDN GZWTOS (in Russ.).

13. Belkina R. I., Pershakov A. Yu., Gubanov V. M. The yield and grain quality of barley varieties in the northern forest steppe of the Tyumen region. *Plant Science Today*, 2021;8;2:229–235. <https://doi.org/10.14719/pst.2021.8.2.943>.

14. Baykalova L. P., Serebrennikov Yu. I., Yanova M. A. *Spring barley in eastern Siberia, Krasnoyarsk, Krasnoyarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet*, 2014, 372 p. EDN LUQTQO (in Russ.).

15. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Aniskov N. V., Kovaleva O. N., Safonova I. V. Retrospective analysis of spring barley cultivars developed by Omsk breeders (1936–2021). *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii*, 2023;184;2:120–138. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-2-120-138>. EDN MIVGMO (in Russ.).

16. Zaushintsena A. V. The sources of biological properties and economically valuable traits for barley. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019;12(153):64–68. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2019-12-64-68>. EDN PGLWHW (in Russ.).

17. Surin N. A., Gerasimov S. A., Lyakhova N. E. Adaptability and ecological plasticity of barley under forest-steppe conditions of the Krasnoyarsk krai. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2023;53;6:15–23. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-6-2>. EDN CDPVLS (in Russ.).

18. Pryadun Yu. P., Loginov Yu. P., Yakubyshina L. I., Shatalina L. P. *Evaluation and use of the VIR collection in the breeding of spring barley of the forage direction in the Chelyabinsk region*, Tyumen', Gosudarstvennyi agrarnyi universitet Severnogo Zaural'ya, 2024, 221 p. EDN SYSVCN (in Russ.).

© Логинов Ю. П., Якубышина Л. И., Казак А. А., 2024

Статья поступила в редакцию 11.07.2024; одобрена после рецензирования 12.09.2024; принята к публикации 17.09.2024.

The article was submitted 11.07.2024; approved after reviewing 12.09.2024; accepted for publication 17.09.2024.

### **Информация об авторах**

**Логинов Юрий Павлович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2372-9350>, Author ID: 704881, [loginov.yup@gausz.ru](mailto:loginov.yup@gausz.ru);

**Якубышина Людмила Ивановна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0757-4296>, Author ID: 703587, [yakubyshinali@gausz.ru](mailto:yakubyshinali@gausz.ru);

**Казак Анастасия Афонасьевна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0563-3806>, Author ID: 704874, [kazakaa@gausz.ru](mailto:kazakaa@gausz.ru)

### **Information about the authors**

**Yury P. Loginov**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Northern Trans-Ural State Agricultural University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2372-9350>, Author ID: 704881, [loginov.yup@gausz.ru](mailto:loginov.yup@gausz.ru);

**Lyudmila I. Yakubyshina**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Northern Trans-Ural State Agricultural University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0757-4296>, Author ID: 703587, [yakubyshinali@gausz.ru](mailto:yakubyshinali@gausz.ru);

**Anastasia A. Kazak**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Northern Trans-Ural State Agricultural University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0563-3806>, Author ID: 704874, [kazakaa@gausz.ru](mailto:kazakaa@gausz.ru)

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

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

## ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

## ANIMAL BREEDING AND VETERINARY

Научная статья

УДК 636.087.72:619:615.9

EDN MZNSXQ

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-43-51>**Изучение хронической токсичности минеральной кормовой добавки на лабораторных животных****Татьяна Викторовна Кручинкина<sup>1</sup>, Марина Евгеньевна Остякова<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт  
Амурская область, Благовещенск, Россия<sup>1</sup> [dalznivilabbiohim@mail.ru](mailto:dalznivilabbiohim@mail.ru), <sup>2</sup> [dalznividv@mail.ru](mailto:dalznividv@mail.ru)

**Аннотация.** Изыскание эффективных методов восполнения минеральной недостаточности у сельскохозяйственных животных в условиях Амурской области носит весьма актуальный характер. Исследования проведены с целью изучения новой минеральной кормовой добавки на предмет хронической токсичности на белых крысах. На протяжении 60 дней испытывали следующие дозы кормовой добавки (г/кг): 1,0 (I опытная группа); 2,0 (II опытная группа); 5,0 (III опытная группа). Животные контрольной группы кормовую добавку не получали. Проведен анализ гематологического и биохимического состава крови. Определена живая масса экспериментальных животных. Рассчитаны массовые коэффициенты органов. В результате исследований установлено, что минеральная кормовая добавка при длительном скармливании в указанных дозах не оказывает токсического действия на организм белых крыс, о чем свидетельствовали: сохранность опытных животных (100 %), их удовлетворительное общее состояние и большая интенсивность прироста живой массы (на 16,6; 21,0; 18,4 % против 15,2 % в контроле). Также на отсутствие токсического воздействия используемой добавки указывала равномерная динамика биохимических показателей крови и отсутствие значимых межгрупповых различий, за исключением концентрации глюкозы, которая росла пропорционально увеличению дозы исследуемой добавки: прирост составил 33,3 % ( $p < 0,05$ ) и 49,7 % ( $p < 0,01$ ) во II и III группах соответственно, что обусловлено действием пропионата кальция. Изучение патологоанатомической картины и массовых коэффициентов внутренних органов не выявило каких-либо отклонений.

**Ключевые слова:** минеральная кормовая добавка, белые крысы, безвредность, хроническая токсичность

**Для цитирования:** Кручинкина Т. В., Остякова М. Е. Изучение хронической токсичности минеральной кормовой добавки на лабораторных животных // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 43–51. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-43-51>.

Original article

**Study of chronic toxicity of mineral feed additive on laboratory animals****Tatyana V. Kruchinkina<sup>1</sup>, Marina E. Ostyakova<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup> Far Eastern Zone Research Veterinary Institute  
Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation<sup>1</sup> [dalznivilabbiohim@mail.ru](mailto:dalznivilabbiohim@mail.ru), <sup>2</sup> [dalznividv@mail.ru](mailto:dalznividv@mail.ru)

**Abstract.** Finding effective methods for replenishing mineral deficiency in farm animals in Amur region is very relevant. Studies were conducted to study a new mineral feed additive chronic toxicity in white rats. The following doses of the feed additive were tested (g/kg): 1.0 (I experimental group), 2.0 (II experimental group), 5.0 (III experimental group) for 60 days. Animals in control group did not receive feed additive. The hematological and biochemical composition of blood was analyzed. The live weight of experimental animals was determined. Organ mass coefficients were calculated. As a result of the research, it was established that mineral feed additive, when fed for a long time in the above doses, did not have toxic effect on body of white rats, as evidenced by: 100% survival of experimental animals, their satisfactory general condition and high intensity of live weight gain by 16.6; 21.0; 18.4% versus 15.2% in the control. Also, the absence of toxic effects of used additive was indicated by the uniform dynamics of biochemical blood parameters and the absence of significant intergroup differences, with the exception of glucose concentration. Glucose concentration increased in proportion to the increase in the dose of the studied additive by 33.3% ( $p < 0.05$ ), 49.7% ( $p < 0.01$ ) in groups II and III, respectively, which was due to the effect of calcium propionate. A study of the pathological picture and mass coefficients of internal organs did not reveal any abnormalities.

**Keywords:** mineral feed additive, white rats, harmlessness, chronic toxicity

**For citation:** Kruchinkina T. V., Ostyakova M. E. Study of chronic toxicity of mineral feed additive on laboratory animals. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;3:43–51. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-43-51>.

**Введение.** Ведение российского молочного скотоводства немислимо без использования кормовых минеральных добавок, что обусловлено эндемичностью большинства регионов России по основным микро- и макроэлементам [1–3] на фоне физиологически сложной высокой продуктивности молочных коров, организм которых особенно нуждается в рациональности минерального кормления [4].

Недостаток минеральных веществ способствует изменению физиолого-биохимического статуса животных, нарушению функциональных задач органов и систем, с последующим развитием различного рода заболеваний, таких как гипокальциемия, остеодистрофия, кетоз [5, 6]. Общеизвестно, что результатом заболевания коров является не только снижение их молочной продуктивности, но и ухудшение здоровья молодняка, что тем самым приводит к экономическому ущербу отрасли [7].

В настоящее время ведутся работы по разработке новых эффективных кормовых минеральных добавок, направленных на восполнение минеральной недостаточности в кормах и коррекцию минерального обмена веществ у животных, в том числе у коров молочного направления [8–10]. Создание новых кормовых добавок и изыскание эффективных методов восполнения минеральной недостаточности у крупного рогатого скота актуально в условиях

эндемичной по макро-и микроэлементам Амурской области. При этом одним из основных этапов в данном виде работ является проведение токсикологической оценки разработанного продукта посредством изучения функциональной биобезопасности с выявлением возможных изменений в организме лабораторных животных после применения изучаемого объекта в течение продолжительного времени, а также определения его специфической эффективности [11].

Таким образом, нами обозначена **цель исследований**, состоящая в изучении новой минеральной кормовой добавки на предмет хронической токсичности на белых крысах.

**Материалы и методы исследований.** Планирование и осуществление исследовательской работы производили согласно поставленной цели и руководства по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ [12].

Изучение хронической токсичности минеральной кормовой добавки проводили в лабораторных условиях на базе Дальневосточного зонального научно-исследовательского ветеринарного института на 20-ти белых крысах. Критериями отбора было отсутствие клинических признаков какого-либо заболевания и равномерность живой массы, которая была в пределах

320–340 г. Отобранных животных равномерно распределили в контрольную и опытные (I, II, III) группы и в течение двух недель содержали в идентичных условиях. Затем кормовую добавку крысам опытных групп давали в следующих дозах:

- I группа – 1,0 г/кг;
- II группа – 2,0 г/кг;
- III группа – 5 г/кг живой массы.

Интактные крысы кормовую добавку не получали.

Основной состав изучаемой добавки: отруби и пропионат кальция. Длительность дачи добавки составила 60 дней.

В начале и конце исследований оценивали: поведение крыс; объем потребления корма и воды; состояние волосяного покрова и слизистых оболочек; живую массу тела. Также изучали гематологический (количество лейкоцитов, эритроцитов, гемоглобина) и биохимический (общий белок, мочевины, креатинин, глюкоза, холестерин, триглицериды, АСТ, АЛТ, билирубин, щелочная фосфатаза, общий кальций, ионизированный кальций, неорганический фосфор, магний, калий) состав крови. Для этого использовали: биохимические анализаторы StatFax (3300, 1904-R), рефрактометр РЛ-2с, биохимические реактивы Vital. Для опреде-

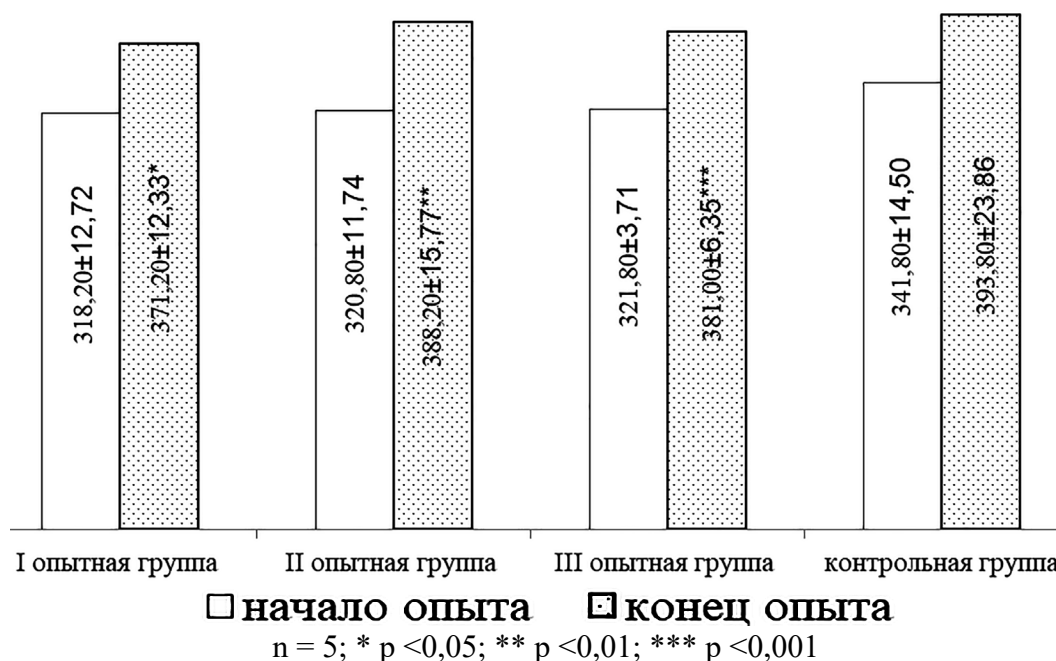
ления йонизированного кальция применяли метод Й. Тодорова.

Для макроскопического изучения внутренних органов (сердце, селезенка, печень, почки, желудок, кишечник, семенники), с учетом их массы и массовых коэффициентов, по окончании исследовательского периода животных декапитировали с использованием наркоза и с соблюдением принципов гуманности.

Для анализа полученных результатов и обработки опытных данных применялся табличный процессор Microsoft Excel.

**Результаты исследований и их обсуждение.** За период ежедневного скармливания белым крысам минеральной добавки (60 дней) не было отмечено гибели экспериментальных животных. При этом общее их состояние было удовлетворительным, что подтверждалось физиологической подвижностью исследуемых крыс, хорошим состоянием их шерстного покрова, кожи и слизистых оболочек; отсутствием клинической картины какого-либо заболевания и интоксикации; нормативным уровнем потребления воды и корма.

Наряду с этим у животных опытных групп регистрировали положительную динамику живой массы (рис. 1), которая выражалась более высоким приростом (на



**Рисунок 1 – Изменение массы тела крыс, хронический опыт**  
**Figure 1 – Change in body weight of rats, chronic experience**

16,6 % в группе крыс, получавшей препарат в дозе 1,0 г/кг массы тела; на 21,0 % в группе с дозировкой препарата 2,0 г/кг массы тела; на 18,4 % в группе животных, получавших препарат в дозе 5,0 г/кг массы тела) против 15,2 % в контроле.

Изменения в составе периферической крови грызунов во всех группах характеризовались снижением количества эритроцитов по сравнению с показателем до начала опыта. В опытных группах концентрация эритроцитов была выше, чем в контроле: в I и II группах – в 1,4 раза, в III группе – в 1,5 раза ( $p < 0,05$ ) (рис. 2).

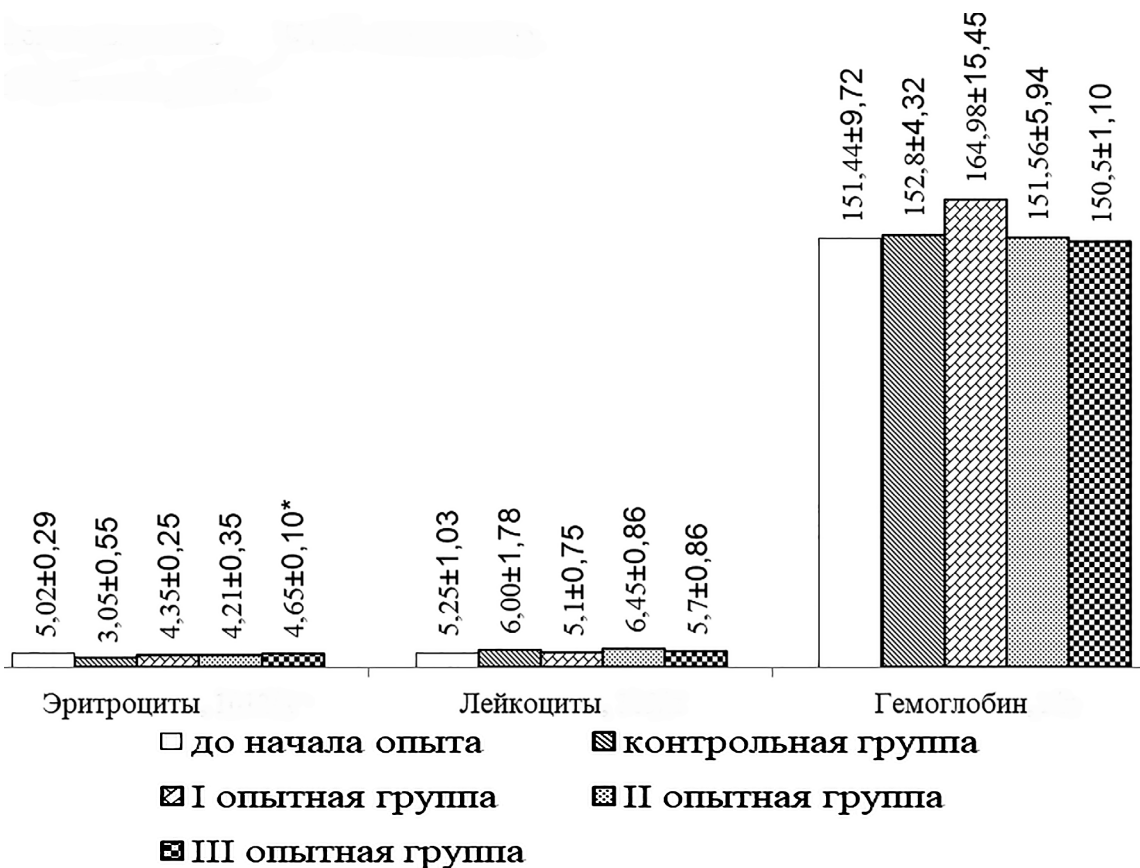
Количество лейкоцитов и гемоглобина у опытных крыс соответствовали нормативным значениям и не имели достоверных межгрупповых различий, что говорит об отсутствии воспаления и токсического действия.

Биохимические показатели сыворотки крови опытных и контрольных крыс

(общий белок, мочевины) соответствовали нормативным значениям и не имели значимых межгрупповых различий (табл. 1).

При оценке показателей холестерина и триглицеридов, характеризующих липидный обмен в организме животных, получены следующие данные. Достоверных изменений уровня холестерина между контрольной и опытными группами выявлено не было. Отмечено достоверное увеличение триглицеридов в III опытной группе в сравнении с контролем в 1,5 раза ( $p < 0,05$ ); при этом показатель соответствовал физиологической норме (0,28–1,24 мМ/л).

Концентрация глюкозы в сыворотке крови опытных крыс в сравнении с контролем была достоверно выше на 33,3 % во II группе и на 49,7 % в III группе; при этом отмечался ее пропорциональный рост относительно увеличения дозы кормовой добавки. Этот факт может быть обуслов-



эритроциты в  $10^{12}$  клеток/г; лейкоциты в  $10^9$  клеток/г; гемоглобин в г/л  
n = 5; \*  $p < 0,05$

Рисунок 2 – Гематологические показатели крови крыс, хронический опыт  
Figure 2 – Hematological parameters of rat blood, chronic experience

**Таблица 1 – Результаты биохимического исследования сыворотки крови крыс (хронический опыт)**

**Table 1 – Results of a biochemical study of rat blood serum (chronic experiment)**

| Показатели                                       | Группы (n=5)    |              |              |              |               |
|--|-----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
|  | до начала опыта | контрольная  | I опытная    | II опытная   | III опытная   |
| Общий белок, г/л                                 | 71,00±1,44      | 73,14±0,85   | 74,02±1,55   | 72,42±0,41   | 73,34±0,19    |
| Мочевина, мм/л                                   | 4,90±0,38       | 5,02±0,19    | 4,72±0,46    | 4,86±0,47    | 4,60±0,49     |
| Креатинин, мкм/л                                 | 81,98±5,95      | 92,94±7,68   | 89,98±10,93  | 78,02±6,14   | 66,80±1,62*   |
| Холестерин, мм/л                                 | 1,51±0,03       | 1,58±0,11    | 1,48±0,16    | 1,53±0,20    | 1,54±0,11     |
| Триглицериды, мм/л                               | 0,33±0,02       | 0,39±0,03    | 0,31±0,06    | 0,36±0,02    | 0,57±0,07*    |
| Глюкоза, мм/л                                    | 4,26±0,25       | 4,14±0,33    | 4,62±0,53    | 5,52±0,28*   | 6,20±0,49**   |
| Билирубин, мкм/л                                 | 5,40±0,87       | 5,86±2,72    | 4,26±1,10    | 3,18±0,91    | 4,04±1,46     |
| АЛТ, Е/л   | 66,18±5,68      | 52,22±2,69   | 45,76±3,38   | 46,64±3,27   | 42,48±3,88    |
| АСТ, Е/л   | 177,72±10,22    | 159,80±23,86 | 181,76±17,66 | 153,84±15,69 | 136,46±11,30* |
| ЩФ, Е/л  | 129,56±5,68     | 128,56±9,91  | 110,54±10,57 | 121,82±4,73  | 146,50±7,83   |
| Кальций общий, мм/л                              | 2,20±0,07       | 2,74±0,02    | 2,48±0,12    | 2,66±0,23    | 2,82±0,11     |
| Ca <sup>++</sup> , мм/л                          | 0,96±0,04       | 1,19±0,01*** | 1,07±0,06    | 1,16±0,10    | 1,22±0,05**   |
| Фосфор неорганический, мм/л                      | 2,10±0,21       | 4,44±0,54    | 3,56±0,27    | 2,78±0,53    | 2,37±0,15     |
| Магний, мм/л                                     | 0,38±0,08       | 0,77±0,05    | 0,85±0,06    | 1,00±0,06**  | 1,17±0,05***  |
| Калий, мм/л                                      | 6,06±0,25       | 6,40±0,32    | 6,90±0,57    | 6,28±0,37    | 6,22±0,35     |
| * $p < 0,05$ ; ** $p < 0,01$ ; *** $p < 0,001$ . |                 |              |              |              |               |

лен непосредственным участием пропионата кальция в глюконеогенезе [13].

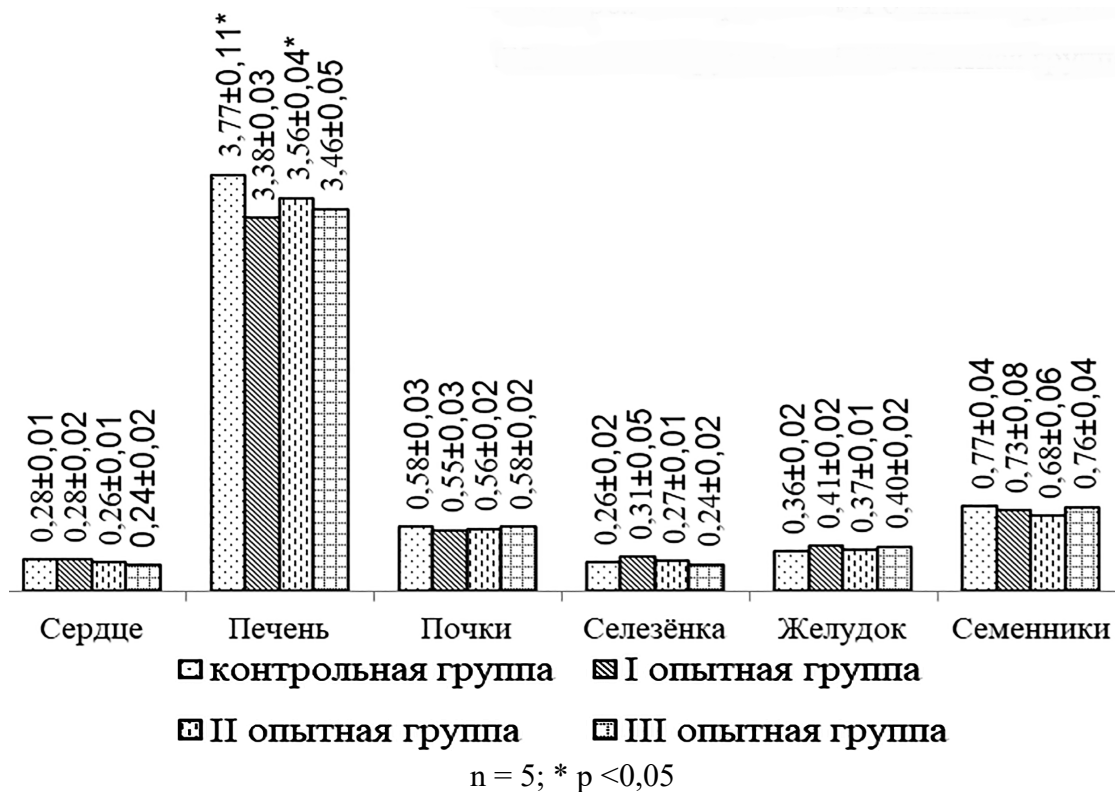
Прослеживалась тенденция к снижению уровня билирубина у крыс опытных групп (I – на 27,0 %; II – на 45,7 %; III – на 31,0 %) на фоне более низкой активности трансаминаз (АЛТ в I – на 12,4 %; II – на 10,7 %; III – на 18,6 %; АСТ во II – на 3,7 %; III – на 14,6 % ( $p < 0,05$ )) у опытных животных относительно контроля. Щелочная фосфатаза во всех группах не выходила за пределы физиологической нормы.

Опытные значения общего кальция превышали исходные данные на 12,7–28,2 %, а Ca<sup>++</sup> – на 11,5–27,1 %; при этом его максимальную концентрацию регистрировали у крыс, получавших максимальную дозу кормовой добавки. Уровень неорганического фосфора во II и III группах был в референтном пределе, тогда как в первой опытной и контрольной

группах превышал верхнюю границу нормы. Уровень магния у всех изучаемых крыс был выше относительно данных начала опыта, но во II и III группах этот показатель был достоверно выше на 29,8 и 51,9 % относительно контрольных значений.

В ходе патологоанатомического изучения внутренних органов контрольных и опытных крыс не было выявлено признаков интоксикации и воспаления, что подтверждалось анатомически правильным расположением органов, отсутствием видимых изменений (гиперемии, отека, кровоизлияний, язв, эрозий, гепатомегалии, спленомегалии и др.) и меньшим массовым коэффициентом печени крыс на 10,3 и 8,2 %, получавших минеральную добавку в количестве 1,0 и 5,0 г/кг массы (3,38±0,033 % и 3,46±0,051 % соответственно против 3,77±0,112 % в контроле при  $p < 0,05$ ) (рис. 3).





**Рисунок 3 – Массовые коэффициенты органов крыс, хронический опыт, %**  
**Figure 3 – Mass coefficients of rat organs, chronic experience, %**

Таким образом, результаты оценки общего состояния белых крыс контрольной и опытных групп, их гематологического и биохимического профиля, а также изучения патологоанатомической картины и массовых коэффициентов внутренних органов, позволяют заключить, что минеральная кормовая добавка не только не оказывает токсического действия на организм белых крыс при ее применении в дозах 1,0; 2,0 и 5,0 г/кг массы тела в течение 60 дней, но и способствует интенсивности прироста живой массы и улучшению процессов эритропоэза.

**Заключение.** В результате исследований установлено, что минеральная кормовая добавка при длительном скормливании (60 дней) в дозах, составляющих 1,0; 2,0 и 5,0 г/кг массы тела, не оказывает токсического действия на организм белых крыс и, следовательно, может быть отнесена к IV классу опасности, о чем свидетельствовали: отсутствие случаев гибели опытных животных; их удовлетворительное общее состояние; а также более высокая интенсивность прироста живой массы в I опытной группе на 16,6 % ( $p < 0,05$ ),

II – на 21,0 % ( $p < 0,01$ ), III – на 18,4 % ( $p < 0,001$ ), против 15,2 % в контроле.

Также на отсутствие токсического воздействия используемой добавки указывала равномерная динамика биохимических показателей крови и отсутствие значимых межгрупповых различий, за исключением концентрации глюкозы, которая росла пропорционально увеличению дозы исследуемой добавки на 33,3 % ( $p < 0,05$ ) и 49,7 % ( $p < 0,01$ ) во второй и третьей группах соответственно, что обусловлено действием пропионата кальция. Изучение патологоанатомической картины и массовых коэффициентов внутренних органов не выявило каких-либо отклонений.

Таким образом, в ходе проведения 2-месячного исследования хронической токсичности установлено, что минеральная кормовая добавка с содержанием пропионата кальция в дозах, равных 1,0; 2,0 и 5,0 г/кг массы тела, не обладает токсическим действием и может быть использована для проведения дальнейших исследований по определению ее эффективности на сельскохозяйственных животных.

## Список источников

1. Требухов А. В. Особенности нарушения обмена веществ у высокопродуктивных коров в биогеохимической провинции Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 8 (166). С. 95–99. EDN VNBRJI.
2. Шепелева Т. А. Роль обеспеченности микронутриентами дойных коров в регионе Южного Урала // Эффективное животноводство. 2023. № 6 (188). С. 36–37. EDN ZHGUAH.
3. Кручинкина Т. В., Сиянова И. В. Степень нарушения минерального обмена у крупного рогатого скота в Амурской области // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2022. № 1 (53). С. 56–60. <https://doi.org/10.24412/2074-5036-2022-1-56-60>. EDN BDIBGN.
4. Кислякова Е. М., Воробьева С. Л. Применение инновационной кальций содержащей добавки в рационах коров и ее влияние на переваривание и усвоение питательных веществ // Пермский аграрный вестник. 2018. № 1 (21). С. 116–121. EDN YTIMBK.
5. Иванищева А. П., Сизова Е. А., Камирова А. М., Мусабаева Л. Л., Соловьев М. В. Макро- и микроэлементы в питании животных: многообразие веществ и форм // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 2. С. 85–111. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-2-85>. EDN QFVAHB.
6. Tufarelli V., Puvača N., Glamočić D., Pugliese G., Colonna M. A. The most important metabolic diseases in dairy cattle during the transition period // *Animals*. 2024. Vol. 14. No. 5. P. 816. <https://doi.org/10.3390/ani14050816>. EDN SLILAC.
7. Vieira-Neto A., Lean I. J., Santos J. E. P. Periparturient mineral metabolism: implications to health and productivity // *Animals*. 2024. Vol. 14. No. 8. P. 1232. <https://doi.org/10.3390/ani14081232>. EDN IUSJMT.
8. Суханова С. Ф., Усков Г. Е., Лещук Т. Л., Позднякова Н. А. Сила влияния минеральных добавок на молочную продуктивность коров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана. 2020. Т. 241. № 1. С. 203–206. EDN HALRMH.
9. Алексеева Н. М., Борисова П. П., Николаева Н. А. Влияние скармливания новых рецептов кормовых добавок на биохимический статус крови крупного рогатого скота симментальской породы в условиях Якутии // Аграрный научный журнал. 2021. № 8. С. 62–66. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i8pp62-66>. EDN TRXHQG.
10. Smolentsev S. Y., Yusupova G. R., Nikolaev N. V., Aukhadieva Z. F., Volkov R. A., Kashaeva A. R. [et al.]. Productive indicators of cows and milk quality, when adding amide-vitamin-mineral concentrate to the diet // *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*. 2020. Vol. 11. No. 2. P. 1511–1514. <https://doi.org/10.26452/ijrps.v11i2.2025>. EDN WHYYPY.
11. Чекункова Ю. А., Беляева Н. Ю., Хаперский Ю. А., Ашенбреннер А. И. Оценка токсических свойств цитогумата // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 7 (165). С. 116–121. EDN VKFAVM.
12. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / под ред. Р. У. Хабриева. М. : Медицина, 2005. 832 с. EDN QСІІОВ.
13. Щербинин С. Пропионат кальция в рационах крупного рогатого скота // Животноводство России. 2024. № 1. С. 46–47. EDN RLNXUR.

## References

1. Trebukhov A. V. The features of metabolic disorders in highly productive cows in the biogeochemical province of the Altai krai. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018;8(166):95–99. EDN VNBRJI (in Russ.).
2. Shepeleva T. A. The role of micronutrient provision for dairy cows in the Southern Urals region. *Effektivnoe zhivotnovodstvo*, 2023;6(188):36–37. EDN ZHGUAH (in Russ.).
3. Kruchinkina T. V., Siyanova I. V. The degree of violation of mineral metabolism in cattle in the Amur region. *Aktual'nye voprosy veterinarnoi biologii*, 2022;1(53):56–60. <https://doi.org/10.24412/2074-5036-2022-1-56-60>. EDN BDIBGN (in Russ.).

4. Kislyakova E. M., Vorobyova S. L. Innovative calcium containing supplement in cow ration and its influence on digestion and nutrient absorption. *Permskii agrarnyi vestnik*, 2018;1(21):116–121. EDN YTIMBK (in Russ.).
5. Ivanishcheva A. P., Sizova E. A., Kamirova A. M., Musabaeva L. L., Solovyov M. V. Macro and microelements in animal nutrition: a variety of substances and forms. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2023;106;2:85–111. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-2-85>. EDN QFVAHB (in Russ.).
6. Tufarelli V., Puvača N., Glamočić D., Pugliese G., Colonna M. A. The most important metabolic diseases in dairy cattle during the transition period. *Animals*, 2024;14;5:816. <https://doi.org/10.3390/ani14050816>. EDN SLILAC.
7. Vieira-Neto A., Lean I. J., Santos J. E. P. Periparturient mineral metabolism: implications to health and productivity. *Animals*, 2024;14;8:1232. <https://doi.org/10.3390/ani14081232>. EDN IUSJMT.
8. Sukhanova S. F., Uskov G. E., Leshchuk T. L., Pozdnyakova N. A. Force of influence of mineral additives on the dairy productivity of cows. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny imeni N. E. Baumana*, 2020;241;1:203–206. EDN HALRMH (in Russ.).
9. Alekseeva N. M., Borisova P. P., Nikolaeva N. A. Influence of new recipes of feed additives on the biochemical status of the blood of simmental cattle in Yakutia. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*, 2021;8:62–66. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i8pp62-66>. EDN TRXHQG (in Russ.).
10. Smolentsev S. Y., Yusupova G. R., Nikolaev N. V., Aukhadieva Z. F., Volkov R. A., Kashaeva A. R. [et al.]. Productive indicators of cows and milk quality, when adding amide-vitamin-mineral concentrate to the diet. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 2020; 11;2:1511–1514. <https://doi.org/10.26452/ijrps.v11i2.2025>. EDN WHYYPY.
11. Chekunkova Yu. A., Belyayeva N. Yu., Khaperskiy Yu. A., Aschenbrenner A. I. Evaluation of toxic properties of cytohumate. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018;7(165):116–121. EDN VKFAVM (in Russ.).
12. Khabriev R. U. (Eds.). *Guidelines for experimental (preclinical) study of new pharmacological substances*, Moscow, Meditsina, 2005, 832 p. EDN QCIIOB (in Russ.).
13. Shcherbinin S. Calcium propionate in cattle diets. *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2024;1:46–47. EDN RLNXUR (in Russ.).

© Кручинкина Т. В., Остякова М. Е., 2024

Статья поступила в редакцию 25.08.2024; одобрена после рецензирования 09.09.2024; принята к публикации 11.09.2024.

The article was submitted 25.08.2024; approved after reviewing 09.09.2024; accepted for publication 11.09.2024.

### Информация об авторах

**Кручинкина Татьяна Викторовна**, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник, Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6529-4340>, Author ID: 991900, [dalznivilabbiohim@mail.ru](mailto:dalznivilabbiohim@mail.ru);

**Остякова Марина Евгеньевна**, доктор биологических наук, доцент, директор, Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-0991>, Author ID: 680547, [dalznividv@mail.ru](mailto:dalznividv@mail.ru)

**Information about the authors**

**Tatyana V. Kruchinkina**, Candidate of Veterinary Sciences, Leading Researcher, Far East Zone Research Veterinary Institute, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6529-4340>, Author ID: 991900, [dalznivilabbiohim@mail.ru](mailto:dalznivilabbiohim@mail.ru);

**Marina E. Ostyakova**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Director, Far East Zone Research Veterinary Institute, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-0991>, Author ID: 680547, [dalznividv@mail.ru](mailto:dalznividv@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 636.22/.28+577.1

EDN PILUNI

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-52-57>

### Биохимический статус крови телят на фоне применения цикориевой кислоты

Антон Павлович Лашин<sup>1</sup>, Никита Игоревич Максимов<sup>2</sup>,  
Максим Викторович Сыроватский<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии –  
МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

<sup>1</sup> [ant.lashin@yandex.ru](mailto:ant.lashin@yandex.ru), <sup>2</sup> [kit4862@mail.ru](mailto:kit4862@mail.ru)

**Аннотация.** Целью исследования было изучение влияния цикориевой кислоты на биохимический статус сыворотки крови телят. Для проведения опыта было отобрано 16 здоровых животных живой массой 160–170 кг, которые были разделены на две группы по 8 голов в каждой. Контрольная группа животных получала основной рацион, принятый в хозяйстве, а опытная группа – в дополнение к основному рациону 0,15 кг/сут цикориевой кислоты. В течение 60-ти дней эксперимента проводили забор крови на 1-й и 15-й дни; на 30-й день, и в завершение – на 45-й и 60-й дни. В результате, на 30-й и 60-й дни эксперимента в опытной группе животных активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови была значительно выше, чем в контрольной, а активность аспаратаминотрансферазы значительно ниже. На 30-й день исследования в опытной группе активность глутатионпероксидазы и супероксиддисмутазы в сыворотке крови была значительно выше.

**Ключевые слова:** биохимические показатели, сыворотка крови, телята, цикориевая кислота

**Для цитирования:** Лашин А. П., Максимов Н. И., Сыроватский М. В. Биохимический статус крови телят на фоне применения цикориевой кислоты // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 52–57. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-52-57>.

Original article

### Biochemical status of calves' blood against the background of the use of chicoric acid

Anton P. Lashin<sup>1</sup>, Nikita I. Maksimov<sup>2</sup>, Maksim V. Syrovatskiy<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –  
MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russian Federation

<sup>1</sup> [ant.lashin@yandex.ru](mailto:ant.lashin@yandex.ru), <sup>2</sup> [kit4862@mail.ru](mailto:kit4862@mail.ru)

**Abstract.** The aim of the study was to investigate the effect of chicoric acid on the biochemical status of calf blood serum. For the experiment, 16 healthy animals weighing 160–170 kg were selected and divided into 2 groups of 8 animals each. The control group of animals received the basic diet adopted on the farm, and the experimental group received the basic diet adopted on the farm and 0.15 kg/day of chicoric acid. During the 60 days of the experiment, blood was collected on the 1<sup>st</sup> and 15<sup>th</sup> days; on the 30<sup>th</sup> day, and finally on the 45<sup>th</sup> and 60<sup>th</sup> days. The results showed that on the 30<sup>th</sup> and 60<sup>th</sup> days of the experiment, the alkaline phosphatase activity in the blood serum of the experimental group of animals was significantly higher than in the control group, and the aspartate aminotransferase activity was significantly lower. On the 30<sup>th</sup> day of the study, in the experimental group, the activity of glutathione peroxidase and superoxide dismutase in the blood serum was significantly higher.

**Keywords:** biochemical parameters, blood serum, calves, chicoric acid

**For citation:** Lashin A. P., Maksimov N. I., Syrovatskiy M. V. Biochemical status of calves' blood against the background of the use of chicoric acid. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;3:52–57. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-52-57>.

**Введение.** Цикориевая кислота – естественное соединение, которое встречается у различных семейств растений. Это производное кофеиновой кислоты, что означает, что она тесно связана с другими мощными антиоксидантами, такими как хлорогеновая кислота [1, 2].

Молодняк сельскохозяйственных животных особенно восприимчив к окислительному стрессу из-за их быстрого роста и развивающейся иммунной системы. Однако антиоксидантные защитные механизмы все еще развиваются, что делает их уязвимыми для разрушительных последствий свободных радикалов.

Было доказано, что на фоне применения цикориевой кислоты наблюдается целый ряд положительных свойств, в частности улучшение иммунной функции, что отражается в укреплении иммунной системы путем защиты иммунных клеток от окислительного повреждения. Это тем самым приводит к улучшению устойчивости к болезням [3, 4].

Цикориевая кислота является основным компонентом производных кофеиновой кислоты и экстракта эхинацеи, которая обладает антиоксидантной, противовоспалительной, иммунной регуляцией и индукцией апоптоза; может ингибировать действие гиалуронидазы, а также способствовать защите организма от свободных радикалов [5, 7, 8, 9].

В связи с этим, дополнительные исследования имеют решающее значение для подтверждения перечисленных преимуществ, обеспечения безопасного и эффективного использования цикориевой кислоты для молодняка сельскохозяйственных животных [6].

**Целью исследования** является оценка показателей биохимического статуса крови телят на фоне применения цикориевой кислоты.

Поставленная цель предопределила решение следующих задач:

1. Проанализировать влияние общепринятого рациона хозяйства на некоторые биохимические показатели сыворотки крови телят.

2. Исследовать некоторые биохимические показатели сыворотки крови на фоне применения цикориевой кислоты.

**Материал и методы исследования.** Исследования были проведены на базе ООО СП «Калужское», где для выполнения опыта по принципу пар аналогов было отобрано 16 здоровых телят 6-месячного возраста, живой массой 160–170 кг, которые были разделены на 2 группы по 8 голов в каждой.

Контрольная группа животных получала основной рацион, принятый в хозяйстве, а опытная группа – в дополнение к основному рациону 0,15 кг/сут цикориевой кислоты. Перед проведением опыта проводили расчет и нормирование основного рациона по составу питательных веществ для дальнейшего его применения в течение исследования.

В различные периоды исследования (1-й, 15-й, 30-й, 45-й и 60-й дни) выполняли забор крови по общепринятой методике. Уровень биохимических показателей сыворотки крови (щелочная фосфатаза, аспаратаминотрансфераза и аланинаминотрансфераза) рассчитывали с помощью автоматического биохимического анализатора крови Autolab LIVIA AMS PM4000.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica v. 6.0 (Statsoft Inc., США). Различия количественных показателей между исследуемыми независимыми группами анализировали с помощью *t*-критерия Стьюдента.

Кормление животных производилось в соответствии с принятой схемой животноводческой фермы.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Предварительно, перед проведением опыта, проводили расчет и нормирование основного рациона по составу питательных веществ для дальнейшего его применения в течение исследования.

Среднесуточный рацион молодняка и его питательная ценность приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы, химический состав кормов значительно варьируется в

**Таблица 1 – Основной среднесуточный рацион молодняка в хозяйстве и его питательная ценность****Table 1 – Basic average daily diet of young animals on the farm and its nutritional value**

| Состав и показатели рациона                                     | Значения |
|---|----------|
| Сено тимopheechnoe, кг  | 2,5      |
| Сенаж тимopheechno-клеверный, кг                                | 7,0      |
| Силос кукурузный, кг  | 5,0      |
| Комбикорм, кг   | 2,0      |
| Свекловичная меласса, кг  | 0,9      |
| Монокальцийфосфат, г  | 30,0     |
| Мел кормовой, г   | 40,0     |
| Соль, г   | 40,0     |
| Цикориевая кислота, кг<br>(кормовая добавка для опытной группы) | 0,15     |
| <i>Питательная ценность рациона</i>                             |          |
| Энергетические кормовые единицы, ЭКЕ                            | 5,8      |
| Обменная энергия, МДж   | 76,2     |
| Сухое вещество, кг  | 7,4      |
| Сырой протеин, г  | 990,5    |
| Переваримый протеин, г  | 772,6    |
| Сахар, г  | 590,2    |
| Крахмал, г  | 656,2    |
| Сырой жир, г  | 239,7    |
| Сырая клетчатка, г  | 1 899,2  |
| Кальций, г  | 44,8     |
| Фосфор, г   | 30,2     |
| Каротин, мг   | 467,0    |

зависимости от их типа. Принятый в хозяйстве рацион соответствует всем требованиям половозрастной группы исследуемых животных.

Следующим этапом исследования явилось определение влияния цикориевой кислоты на сывороточную активность щелочной фосфатазы, аспаратаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы у телят (табл. 2).

Согласно данным таблицы, активность аланинаминотрансферазы (АЛТ) в сыворотке крови всех исследуемых групп животных постепенно снижается, особенно на 30-й день эксперимента. С середины проведения исследования активность данного показателя постепенно увеличивает-

ся, что связано с нормализацией обмена аминокислот и сохранением способности печеночных ферментов выполнять свои функции.

По сравнению с контрольной группой изменения в опытной группе были более стабильными и значительно выше, особенно на 45-й и 60-й дни опыта.

Активность аспаратаминотрансферазы (АСТ) сначала увеличивалась, а затем уменьшалась в обеих исследуемых группах, достигая максимального значения на 45-й день исследования. По сравнению с контрольной группой активность аспаратаминотрансферазы в сыворотке крови опытной группы была значительно ниже к концу проведения эксперимента.

**Таблица 2 – Влияние цикориевой кислоты на сывороточную активность щелочной фосфатазы, аспартатаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы у телят,  $M\pm m$**   
**Table 2 – Effect of chicoric acid on serum activity of alkaline phosphatase, aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase in calves,  $M\pm m$**

| Показатели                     | Группы животных         | Дни исследования |             |              |              |             |
|--------------------------------|-------------------------|------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
|                                |                         | 1-й              | 15-й        | 30-й         | 45-й         | 60-й        |
| Щелочная фосфатаза, Ед/д       | контрольная группа, n=6 | 130,3±29,06      | 126,8±35,17 | 90,2±32,04** | 97,4±39,02** | 110,3±40,09 |
|                                | опытная группа, n=6     | 136,0±40,15      | 128,5±32,16 | 116,2±35,32* | 149,5±35,90* | 157,6±42,89 |
| АСТ, Ед/д                      | контрольная группа, n=6 | 48,8±6,85        | 55,0±4,94   | 84,4±10,10*  | 100,6±20,07* | 90,2±32,14  |
|                                | опытная группа, n=6     | 52,5±8,78        | 56,7±17,8   | 60,6±8,89**  | 80,5±14,48** | 78,9±9,78   |
| АЛТ, Ед/д                      | контрольная группа, n=6 | 21,4±2,19        | 22,6±4,37   | 37,2±8,22    | 36,5±7,18    | 35,7±8,04   |
|                                | опытная группа, n=6     | 21,8±4,08        | 21,8±3,49   | 35,2±6,42    | 33,8±7,01    | 34,8±8,10   |
| * $p > 0,05$ ; ** $p < 0,01$ . |                         |                  |             |              |              |             |

Активность аланинаминотрансферазы в сыворотке крови демонстрировала тенденцию к росту в обеих группах животных, но значимого различия не регистрировалось.

Таким образом, результаты опыта показали, что исследуемые основные сывороточные ферменты: щелочная фосфатаза, аспартатаминотрансфераза и аланинаминотрансфераза, напрямую отражают функцию печени, а, соответственно, и антиоксидантную способность организма. Ссылаясь на ранее проведенные исследования, можно отметить, что на фоне повреждения клеток печени, проницаемость клеточной мембраны увеличивается; соответственно, большое количество аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы попадают в кровоток, что приводит к повышению активности ферментов сыворотки [10].

Исследование показало, что по сравнению с контрольной группой активность щелочной фосфатазы в сыворотке кро-

ви опытной группы была значительно выше через 30 и 45 дней эксперимента, а активность аспартатаминотрансферазы была ниже, чем в контроле. Полученные результаты доказывают, что добавление определенного количества цикориевой кислоты к рациону телят может положительно отразиться на целостности клеточной мембраны, предотвратить изменения активности ферментов сыворотки крови и тем самым исключить повреждение печени у телят.

**Заключение.** На основании проведенного исследования можно отметить, что добавление цикориевой кислоты к концентратам может значительно увеличить содержание щелочной фосфатазы, что, в свою очередь, может отразиться на стабилизации антиоксидантной активности организма и укреплении иммунной системы путем защиты иммунных клеток от окислительного повреждения, что приведет к улучшению устойчивости к болезням.

**Список источников**

1. Попов И. В., Чумакова В. В., Попова О. И., Чумаков В. Ф. Биологически активные вещества, проявляющие антиоксидантную активность, некоторых представителей семейства *Lamiaceae*, культивируемых в Ставропольском крае // Химия растительного сырья. 2019. № 4. С. 163–172. doi: 10.14258/jcprm.2019045200. EDN ULYWBC.
2. Петрова О. Г., Мильштейн И. М., Привалова Д. А., Петров К. Ю. Влияние анолита нейтрального на оптимизацию и нормализацию обменных процессов, повышение со-



хранности, увеличение прироста массы у телят // *Наукофера*. 2022. № 6–1. С. 11–18. doi: 10.5281/zenodo.6575632. EDN AGTWMM.

3. Заикин В. И., Леонтьев Л. Б. Морфо-биохимический статус крови новорожденных телят при внесении в их рацион фитобиотика // *Аграрный вестник Северного Кавказа*. 2024. № 1 (53). С. 12–16. doi: 10.31279/2949-4796-2024-16-53-12-16. EDN WBWBMS.

4. Лашин А. П., Максимов Н. И., Сыроватский М. В. Уровень молочной продуктивности коров и некоторых показателей качества молока на фоне влияния комбикормовых добавок растительного происхождения // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2024. Т. 18. № 2. С. 89–96. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-2-89-96. EDN QNRRPS.

5. Максимов Н. И., Лашин А. П. Влияние малых пептидов на молочную продуктивность и биохимические показатели сыворотки крови молочных коров // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2022. Т. 16. № 2. С. 91–97. doi: 10.22450/19996837\_2022\_2\_91. EDN MONJPL.

6. Максимов Н. И., Лашин А. П. Сравнительная оценка влияния рационов на показатели роста и биохимического статуса крупного рогатого скота // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2020. № 4 (56). С. 83–88. doi: 10.24411/1999-6837-2020-14053. EDN WEJPDF.

7. Сайбель О. Л. Обоснование выбора методики стандартизации травы цикория обыкновенного (*Cichorium Intybus* L.) // *Вопросы обеспечения качества лекарственных средств*. 2021. № 2 (32). С. 4–11. doi: 10.34907/JPQAI.2021.52.51.002. EDN VGMCNX.

8. Савельева Л. Н. Биохимический статус крови телят в норме и при патологии органов пищеварения // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2022. № 9 (186). С. 179–183. doi: 10.36718/1819-4036-2022-9-179-183. EDN RDEUKV.

9. Патент № 2600824С1 Российская Федерация. Способ повышения неспецифической резистентности организма новорожденных телят : № 2015143969/15 ; заявл. 13.10.2015 ; опубл. 27.10.2016 / Лашин А. П., Симонова Н. В., Симонова Н. П. Бюл. № 30. 6 с. EDN NHYMHN.

10. Maksimov N. I., Lashin A. P. Influence of vitamin supplements on indicators of dairy productivity and blood morphological composition of cattle // *INTERAGROMASH 2022 : XV International Scientific Conference*. Rostov-on-Don : Springer, 2023. P. 79–89. EDN UWRAF.

## References

1. Popov I. V., Chumakova V. V., Popova O. I., Chumakov V. F. Biologically active substances exhibiting antioxidant activity of some representatives of the *Lamiaceae* family cultivated in the Stavropol krai. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019;4:163–172. doi: 10.14258/jcpm.2019045200. EDN ULYWBC (in Russ.).

2. Petrova O. G., Milshtein I. M., Privalova D. A., Petrov K. Yu. The effect of neutral anolyte on the optimization and normalization of metabolic processes, increased safety, increased weight gain in calves. *Naukosfera*, 2022;6–1:11–18. doi: 10.5281/zenodo.6575632. EDN AGTWMM (in Russ.).

3. Zaikin V. I., Leontiev L. B. Morpho-biochemical status of blood of newborn calves when phytobiotics are added to their diet. *Agrarnyi vestnik Severnogo Kavkaza*, 2024;1(53):12–16. doi: 10.31279/2949-4796-2024-16-53-12-16. EDN WBWBMS (in Russ.).

4. Lashin A. P., Maksimov N. I., Syrovatskiy M. V. Influence of mixed fodder additives of vegetable origin on milk productivity of cows and milk quality. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2024;18;2:89–96. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-2-89-96. EDN QNRRPS (in Russ.).

5. Maksimov N. I., Lashin A. P. Influence of small peptides on milk productivity and biochemical indicators of blood serum of dairy cows. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2022;16;2:91–97. doi: 10.22450/19996837\_2022\_2\_91. EDN MONJPL (in Russ.).

6. Maksimov N. I., Lashin A. P. How diets influence growth indicators and biochemical status of cattle: comparative assessment. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2020;4(56):83–88. doi: 10.24411/1999-6837-2020-14053. EDN WEJPDF (in Russ.).

7. Saybel O. L. Justification and choice of method herb cichory standardization (*Cichorium Intybus* L.). *Voprosy obespecheniya kachestva lekarstvennykh sredstv*, 2021;2(32):4–11. doi: 10.34907/JPQAI.2021.52.51.002. EDN VGMCNX (in Russ.).

8. Savelieva L. N. The biochemical status of the blood of calves is normal and in case of pathology of the digestive organs. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022;9(186):179–183. doi: 10.36718/1819-4036-2022-9-179-183. EDN RDEUKV (in Russ.).

9. Lashin A. P., Simonova N. V., Simonova N. P. Method for increasing non-specific resistance of the body of newborn calves. *Patent RF, No. 2600824C1 patenton.ru* 2016 Retrieved from <https://patenton.ru/patent/RU2600824C1> (Accessed 14 June 2024) EDN NHYMHN (in Russ.).

10. Maksimov N. I., Lashin A. P. Influence of vitamin supplements on indicators of dairy productivity and blood morphological composition of cattle. Proceedings from INTERAGROMASH 2022: XV International Scientific Conference. (PP. 79–89), Rostov-on-Don, Springer, 2023. EDN UWRAXF.

© Лашин А. П., Максимов Н. И., Сыроватский М. В., 2024

Статья поступила в редакцию 18.08.2024; одобрена после рецензирования 12.09.2024; принята к публикации 16.09.2024.

The article was submitted 18.08.2024; approved after reviewing 12.09.2024; accepted for publication 16.09.2024.

#### **Информация об авторах**

**Лашин Антон Павлович**, доктор биологических наук, профессор кафедры радиобиологии и биофизики имени академика А. Д. Белова, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, [ant.lashin@yandex.ru](mailto:ant.lashin@yandex.ru);

**Максимов Никита Игоревич**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления и кормопроизводства, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, [kit4862@mail.ru](mailto:kit4862@mail.ru);

**Сыроватский Максим Викторович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления и кормопроизводства, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина

#### **Information about the authors**

**Anton P. Lashin**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Radiobiology and Biophysics named after Academician A. D. Belov, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, [ant.lashin@yandex.ru](mailto:ant.lashin@yandex.ru);

**Nikita I. Maksimov**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Feed Production, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, [kit4862@mail.ru](mailto:kit4862@mail.ru);

**Maksim V. Syrovatskiy**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Feed Production, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin

**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 636.22/.28+577.1

EDN QDEIFY

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-58-64>

### Влияние цикориевой кислоты на изменение живой массы и биохимического статуса телят

Никита Игоревич Максимов<sup>1</sup>, Антон Павлович Лашин<sup>2</sup>,  
Максим Викторович Сыроватский<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия

<sup>1</sup> [kit4862@mail.ru](mailto:kit4862@mail.ru), <sup>2</sup> [ant.lashin@yandex.ru](mailto:ant.lashin@yandex.ru)

**Аннотация.** Целью исследования явилось изучение влияния цикориевой кислоты на показатели роста, биохимический статус сыворотки крови и антиоксидантную способность телят. Для проведения опыта отобрано 16 здоровых животных, живой массой 160–170 кг, которые были разделены на две группы по 8 голов в каждой. Контрольная группа животных получала основной рацион, принятый в хозяйстве; опытная группа – в дополнение к данному рациону 0,15 кг/сут цикориевой кислоты. В течение 60-ти дней эксперимента проводили забор крови на 1-й и 15-й дни; на 30-й день, и в завершение – на 45-й и 60-й дни. Результаты показали, что на 1-й день опыта содержание азота мочевины в сыворотке крови опытной группы было значительно ниже, чем в контрольной. На 30-й и 60-й дни эксперимента в опытной группе животных содержание глюкозы в сыворотке крови было значительно выше, чем в контрольной. Согласно результатам проведенных исследований, можно отметить, что добавление цикориевой кислоты к основному рациону может эффективно облегчить состояние животных на фоне окислительного стресса, а также улучшить их антиоксидантную способность.

**Ключевые слова:** биохимический статус, кормление, рацион, показатели роста, сыворотка крови, телята, цикориевая кислота

**Для цитирования:** Максимов Н. И., Лашин А. П., Сыроватский М. В. Влияние цикориевой кислоты на изменение живой массы и биохимического статуса телят // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 58–64. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-58-64>.

Original article

### Effect of chicoric acid on changes in live weight and biochemical status of calves

Nikita I. Maksimov<sup>1</sup>, Anton P. Lashin<sup>2</sup>, Maksim V. Syrovatskiy<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russian Federation

<sup>1</sup> [kit4862@mail.ru](mailto:kit4862@mail.ru), <sup>2</sup> [ant.lashin@yandex.ru](mailto:ant.lashin@yandex.ru)

**Abstract.** The aim of the study was to investigate the effect of chicoric acid on growth parameters, biochemical status of blood serum and antioxidant capacity of calves. For the experiment, 16 healthy animals with a live weight of 160–170 kg were selected, which were divided into 2 groups of 8 heads each. The control group of animals received the basic diet adopted on the farm, and the experimental group – the basic diet adopted on the farm and 0.15 kg/day of chicoric acid. During 60 days of the experiment, blood was collected on the 1<sup>st</sup> and 15<sup>th</sup> day, on the 30<sup>th</sup> day, and finally on the 45<sup>th</sup> and 60<sup>th</sup> days. The results showed that on the 1<sup>st</sup> day of the experiment, the content of urea nitrogen in the blood serum of the experimental group was significantly lower than in

the control. On the 30<sup>th</sup> day and on the 60<sup>th</sup> day of the experiment, the glucose content in the blood serum of the experimental group of animals was significantly higher than in the control. According to the results of the conducted studies, it can be noted that the addition of chicoric acid to the main diet can effectively alleviate the condition of animals against the background of oxidative stress, as well as improve their antioxidant capacity.

**Keywords:** biochemical status, feeding, diet, growth performance, blood serum, calves, chicoric acid

**For citation:** Maksimov N. I., Lashin A. P., Syrovatskiy M. V. Effect of chicoric acid on changes in live weight and biochemical status of calves. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;3:58–64. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-58-64>.

**Введение.** В настоящее время цикориевая кислота является естественным соединением, встречающимся у различных растений, включая *Echinacea Purpurea*. Данная кислота проявляет комплексную биологическую активность, включая антиоксидантные, противовоспалительные и антидиабетические эффекты.

Физиологическое состояние и уровень метаболизма в течение жизни молодых телят могут изменяться под влиянием факторов окружающей среды, что напрямую может отразиться на их нейроэндокринном и иммунном статусе, усвояемости питательных веществ и нарушении энергетического баланса, и в дальнейшем привести к снижению показателей иммунного статуса [1, 2]. В свою очередь, добавление в основной рацион биологически активных комплексов на основе растительного и минерального сырья может благоприятно сказаться на ряде механизмов, проходящих в организме растущего молодого поголовья крупного рогатого скота [3–5].

Также стоит отметить, что цикориевая кислота обладает потенциалом в качестве естественной кормовой добавки в животноводстве, оказывая положительное влияние на растущий организм сельскохозяйственных животных, а также продуктивность и качество продукции в отрасли скотоводства. Дальнейшие исследования и тщательная оценка имеют решающее значение для раскрытия всего ее потенциала, а также обеспечения безопасного и эффективного применения [6–9].

**Целью исследования** является анализ влияния цикориевой кислоты на показатели роста и биохимический статус телят.

Поставленная цель предопределила решение следующих задач:

1. Провести анализ влияния цикориевой кислоты в общепринятом рационе хозяйства на изменение живой массы телят.

2. Оценить биохимический статус сыворотки крови на фоне применения цикориевой кислоты в рационе у телят.

**Материал и методы исследования.** Исследования проведены в ООО СП «Калужское», где для проведения опыта по принципу пар аналогов отобрано 16 здоровых телят 6-месячного возраста, живой массой 160–170 кг, которые были разделены на 2 группы по 8 голов в каждой.

Контрольная группа животных получала основной рацион, принятый в хозяйстве, а опытная группа в дополнение к указанному рациону 0,15 кг/сут цикориевой кислоты.

В течение 60-ти дней эксперимента проводили забор крови на 1-й и 15-й дни, затем на 30-й день, и в завершение на 45-й и 60-й дни.

Уровень биохимических показателей сыворотки крови: общий белок, альбумин, глобулин, азот мочевины, глюкоза, общий холестерин, триглицериды, рассчитывали с помощью автоматического биохимического анализатора крови Autolab LIVIA AMS PM4000.

Перед проведением опыта всех исследуемых животных взвешивали, а затем вводили расчет и корректировки основного рациона по составу питательных веществ для дальнейшего его применения в процессе проведения исследования. Для оценки живой массы подопытных животных подвергали взвешиванию и проводили учет прироста массы тела в различные периоды эксперимента.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета прикладных программ Statistica v. 6.0 (Statsoft Inc., США). Различия количественных по-

казателей между исследуемыми независимыми группами анализировали с помощью *t*-критерия Стьюдента [10].

**Результаты исследования и их обсуждение.** Кормление животных производилось в соответствии с принятой схемой животноводческой фермы. Среднесуточный рацион молодняка и его питательная ценность приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы, химический состав основного среднесуточного рациона молодняка в хозяйстве и его питательная ценность значительно изменяются в зависимости от типа кормов. Принятый в хозяйстве рацион соответствует всем требованиям половозрастной группы исследуемых телят 6-месячного возраста.

Перед учетом изменений уровня биохимических показателей сыворотки крови на фоне добавления цикориевой кислоты, нами проводилось измерение массы тела подопытных телят.

Исходя из данных, представленных в таблице 2, можно отметить, что живая масса телят в опытной группе увеличилась на 2 кг по сравнению с контрольной. Это указывает на то, что добавление определенного количества цикориевой кислоты в кормовой концентрат способствует лучшему усвоению питательных веществ из кормового рациона и приросту живой массы молодого организма теленка.

Анализируя таблицу 3, можно отметить, что в процессе проведения экспери-

**Таблица 1 – Основной среднесуточный рацион молодняка в хозяйстве и его питательная ценность**

**Table 1 – Basic average daily diet of young animals on the farm and its nutritional value**

| Состав и показатели рациона                                     | Значения |
|---|----------|
| Сено тимopheечное, кг   | 2,5      |
| Сенаж тимopheечно-клеверный, кг                                 | 7,0      |
| Силос кукурузный, кг  | 5,0      |
| Комбикорм, кг   | 2,0      |
| Свекловичная меласса, кг  | 0,9      |
| Монокальцийфосфат, г  | 30,0     |
| Мел кормовой, г   | 40,0     |
| Соль, г   | 40,0     |
| Цикориевая кислота, кг<br>(кормовая добавка для опытной группы) | 0,15     |
| <i>Питательная ценность рациона</i>                             |          |
| Энергетические кормовые единицы, ЭКЕ                            | 5,8      |
| Обменная энергия, МДж   | 76,2     |
| Сухое вещество, кг  | 7,4      |
| Сырой протеин, г  | 990,5    |
| Переваримый протеин, г  | 772,6    |
| Сахар, г  | 590,2    |
| Крахмал, г  | 656,2    |
| Сырой жир, г  | 239,7    |
| Сырая клетчатка, г  | 1 899,2  |
| Кальций, г  | 44,8     |
| Фосфор, г   | 30,2     |
| Каротин, мг   | 467,0    |

**Таблица 2 – Динамика изменений живой массы телят в процессе проведения опыта,  $M \pm m$**   
**Table 2 – Dynamics of changes in live weight of calves during the experiment,  $M \pm m$**   
**В килограммах (in kilograms)**

| Показатели   | Контрольная группа (n=6) | Опытная группа (n=6) |
|--|--------------------------|----------------------|
| Живая масса телят до исследования                    | 158,7±1,33               | 160,9±1,65           |
| Живая масса телят в процессе проведения исследования | 162,4±1,07               | 166,7±1,29           |
| Живая масса телят после исследования                 | 168,3±1,21               | 170,8±1,56           |

**Таблица 3 – Влияние цикориевой кислоты на показатели сывороточного белка, глюкозы и липидного обмена в сыворотке крови у телят, n=6,  $M \pm m$**   
**Table 3 – Effect of chicoric acid on serum protein, glucose and lipid metabolism in blood serum of calves, n=6,  $M \pm m$**

| Показатели            | Группы животных    | Дни исследования |           |            |            |            |
|-----------------------|--------------------|------------------|-----------|------------|------------|------------|
|                       |                    | 1-й              | 15-й      | 30-й       | 45-й       | 60-й       |
| Общий белок, г/л      | контрольная группа | 65,7±2,37        | 66,3±2,24 | 66,4±6,16  | 65,8±5,56  | 64,7±4,87  |
|                       | опытная группа     | 67,8±4,56        | 69,5±6,55 | 68,0±6,12  | 67,8±2,84  | 66,2±4,56  |
| Альбумин, г/л         | контрольная группа | 35,6±2,12        | 36,9±1,46 | 31,2±3,05  | 24,6±7,97  | 28,7±3,78  |
|                       | опытная группа     | 36,0±2,87        | 36,2±1,80 | 33,5±1,58  | 30,0±2,95  | 32,0±1,67  |
| Глобулин, г/л         | контрольная группа | 32,7±3,29        | 32,5±3,14 | 31,6±3,14  | 34,4±1,28  | 36,3±2,56  |
|                       | опытная группа     | 32,9±1,34        | 33,4±4,67 | 31,4±4,01  | 32,7±3,68  | 34,8±2,12  |
| Азот мочевины, г/л    | контрольная группа | 7,7±0,67         | 7,9±0,76  | 7,9±0,80   | 6,0±0,30   | 6,0±0,45*  |
|                       | опытная группа     | 7,2±0,72         | 7,4±0,52  | 7,4±0,51   | 5,8±0,36   | 4,8±0,34** |
| Глюкоза, ммоль/л      | контрольная группа | 4,2±0,78         | 4,2±0,34  | 3,8±0,38** | 3,3±0,43** | 4,2±0,56   |
|                       | опытная группа     | 4,5±0,49         | 4,6±0,37  | 4,3±0,41*  | 4,0±0,33*  | 4,3±0,62   |
| Общий холестерин, г/л | контрольная группа | 2,3±0,54         | 2,4±0,46  | 2,4±0,52   | 2,8±0,57   | 2,6±0,63   |
|                       | опытная группа     | 2,4±0,58         | 2,6±0,39  | 2,4±0,33   | 2,7±0,65   | 2,6±0,71   |
| Триглицериды, г/л     | контрольная группа | 0,2±0,04         | 0,2±0,11  | 0,2±0,05   | 0,2±0,06   | 0,2±0,09   |
|                       | опытная группа     | 0,2±0,06         | 0,2±0,10  | 0,3±0,19   | 0,25±0,04  | 0,2±0,08   |

\*  $p > 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ .

мента уровни общего белка и альбумина в сыворотке крови каждой исследуемой группы снижались, но разница между двумя группами была незначительной. Количественное содержание глобулинов уменьшалось в процессе проведения опыта, однако затем данный показатель постепенно увеличивался к концу исследования в связи с ростом и развитием телят, улучшением усвоения питательных веществ, а также становлением иммунного статуса телят на фоне применения цикориевой кислоты. Разница между двумя группами была незначительной.

Содержание азота мочевины постепенно увеличивалось в начале опыта и быстро уменьшалось к завершению эксперимента в связи с выраженной активизацией дезинтоксикационной способности печени. По сравнению с контрольной группой содержание азота мочевины в опытной группе на 60-е сутки эксперимента значительно снизилось.

В свою очередь, содержание глюкозы в сыворотке крови у телят контрольной группы отражало тенденцию к снижению до проведения исследования, однако было на нижних границах нормы на 45-й день опыта и постепенно доходило до пределов нормы на 60-й день эксперимента. В то же время в опытной группе животных уровень глюкозы в сыворотке крови был значительно выше на 1-й день опыта, чем в контрольной. Другие показатели липидного метаболизма указывали на различную степень вариации в обеих исследуемых группах.

**Заключение.** Таким образом, результаты исследования показали, что живая масса телят в опытной группе увеличилась на 2 кг по сравнению с контрольной. Это указывает на то, что добавление определенного количества цикориевой кислоты в кормовой концентрат способствует лучшему усвоению питательных веществ из кормового рациона и приросту живой массы молодого организма теленка.

Результаты эксперимента показали, что содержание глюкозы в сыворотке крови телят в экспериментальной группе значительно возросло через 30 и 45 дней исследования. В то же время количественное содержание глобулинов уменьшалось в процессе проведения опыта, однако затем данный показатель постепенно увеличивался к концу исследования в связи с ростом и развитием телят, улучшением усвоения питательных веществ, а также становлением иммунного статуса телят на фоне применения цикориевой кислоты.

Содержание азота мочевины постепенно увеличивалось в начале опыта и быстро уменьшалось к завершению эксперимента в связи с выраженной активизацией дезинтоксикационной способности печени. По сравнению с контрольной группой содержание азота мочевины в опытной группе на 60-е сутки эксперимента значительно уменьшилось.

Следовательно, добавление цикориевой кислоты в рацион телят может отразиться на некоторых биохимических показателях сыворотки крови и повлиять на прирост живой массы тела.

### Список источников

1. Афанасьева А. И., Сарычев В. А., Смян Д. А. Морфологический статус крови и показатели роста телят раннего постнатального периода при использовании фитоадаптогенов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 8 (214). С. 51–58. doi: 10.53083/1996-4277-2022-214-8-51-58. EDN KEIVXJ.
2. Петрова О. Г., Мильштейн И. М., Привалова Д. А., Петров К. Ю. Влияние анилина нейтрального на оптимизацию и нормализацию обменных процессов, повышение сохранности, увеличение прироста массы у телят // Наукосфера. 2022. № 6–1. С. 11–18. doi: 10.5281/zenodo.6575632. EDN AGTWMM.
3. Заикин В. И., Леонтьев Л. Б. Морфо-биохимический статус крови новорожденных телят при внесении в их рацион фитобиотика // Аграрный вестник Северного Кавказа. 2024. № 1 (53). С. 12–16. doi: 10.31279/2949-4796-2024-16-53-12-16. EDN WBWBMS.
4. Лашин А. П., Максимов Н. И., Сыроватский М. В. Уровень молочной продуктивности коров и некоторых показателей качества молока на фоне влияния комбикормовых

добавок растительного происхождения // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Т. 18. № 2. С. 89–96. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-2-89-96. EDN QNRRPS.

5. Максимов Н. И., Лашин А. П. Влияние малых пептидов на молочную продуктивность и биохимические показатели сыворотки крови молочных коров // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Т. 16. № 2. С. 91–97. doi: 10.22450/19996837\_2022\_2\_91. EDN MONJPL.

6. Максимов Н. И., Лашин А. П. Сравнительная оценка влияния рационов на показатели роста и биохимического статуса крупного рогатого скота // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 4 (56). С. 83–88. doi: 10.24411/1999-6837-2020-14053. EDN WEJPDF.

7. Миронов А. Н. Показатели роста и развития телят при использовании иммуномодуляторов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (190). С. 224–232. doi: 10.36718/1819-4036-2023-1-224-232. EDN JWVFW.

8. Сайбель О. Л. Обоснование выбора методики стандартизации травы цикория обыкновенного (*Cichorium Intybus* L.) // Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. 2021. № 2 (32). С. 4–11. doi: 10.34907/JPQAI.2021.52.51.002. EDN VGMCNX.

9. Патент № 2600824С1 Российская Федерация. Способ повышения неспецифической резистентности организма новорожденных телят : № 2015143969/15 ; заявл. 13.10.2015 ; опубл. 27.10.2016 / Лашин А. П., Симонова Н. В., Симонова Н. П. Бюл. № 30. 6 с. EDN NHYMN.

10. Maksimov N. I., Lashin A. P. Influence of vitamin supplements on indicators of dairy productivity and blood morphological composition of cattle // INTERAGROMASH 2022 : XV International Scientific Conference. Rostov-on-Don : Springer, 2023. P. 79–89. EDN UWRAF.

## References

1. Afanasyeva A. I., Sarychev V. A., Smeyan D. A. Morphological status of blood and growth indicators of calves of the early postnatal period when using phytoadaptogens. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022;8(214):51–58. doi: 10.53083/1996-4277-2022-214-8-51-58. EDN KEIBXJ (in Russ.).

2. Petrova O. G., Milshtein I. M., Privalova D. A., Petrov K. Yu. The effect of neutral anolyte on the optimization and normalization of metabolic processes, increased safety, increased weight gain in calves. *Naukosfera*, 2022;6–1:11–18. doi: 10.5281/zenodo.6575632. EDN AGTWMM (in Russ.).

3. Zaikin V. I., Leontiev L. B. Morpho-biochemical status of blood of newborn calves when phytobiotics are added to their diet. *Agrarnyi vestnik Severnogo Kavkaza*, 2024;1(53):12–16. doi: 10.31279/2949-4796-2024-16-53-12-16. EDN WBWBMS (in Russ.).

4. Lashin A. P., Maksimov N. I., Syrovatskiy M. V. Influence of mixed fodder additives of vegetable origin on milk productivity of cows and milk quality. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2024;18;2:89–96. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-2-89-96. EDN QNRRPS (in Russ.).

5. Maksimov N. I., Lashin A. P. Influence of small peptides on milk productivity and biochemical indicators of blood serum of dairy cows. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2022;16;2:91–97. doi: 10.22450/19996837\_2022\_2\_91. EDN MONJPL (in Russ.).

6. Maksimov N. I., Lashin A. P. How diets influence growth indicators and biochemical status of cattle: comparative assessment. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2020;4(56):83–88. doi: 10.24411/1999-6837-2020-14053. EDN WEJPDF (in Russ.).

7. Mironov A. N. Indicators of growth and development of calves using immunomodulators. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023;1(190):224–232. doi: 10.36718/1819-4036-2023-1-224-232. EDN JWVFW (in Russ.).

8. Saybel O. L. Justification and choice of method herb cichory standardization (*Cichorium Intybus* L.). *Voprosy obespecheniya kachestva lekarstvennykh sredstv*, 2021;2(32):4–11. doi: 10.34907/JPQAI.2021.52.51.002. EDN VGMCNX (in Russ.).



9. Lashin A. P., Simonova N. V., Simonova N. P. Method for increasing non-specific resistance of the body of newborn calves. *Patent RF, No. 2600824C1 patenton.ru* 2016 Retrieved from <https://patenton.ru/patent/RU2600824C1> (Accessed 14 June 2024) EDN NHYMHN (in Russ.).

10. Maksimov N. I., Lashin A. P. Influence of vitamin supplements on indicators of dairy productivity and blood morphological composition of cattle. Proceedings from INTERAGROMASH 2022: XV International Scientific Conference. (PP. 79–89), Rostov-on-Don, Springer, 2023. EDN UWRAXF.

© Максимов Н. И., Лашин А. П., Сыроватский М. В., 2024

Статья поступила в редакцию 20.08.2024; одобрена после рецензирования 12.09.2024; принята к публикации 16.09.2024.

The article was submitted 20.08.2024; approved after reviewing 12.09.2024; accepted for publication 16.09.2024.

### **Информация об авторах**

**Максимов Никита Игоревич**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления и кормопроизводства, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, [kit4862@mail.ru](mailto:kit4862@mail.ru);

**Лашин Антон Павлович**, доктор биологических наук, профессор кафедры радиобиологии и биофизики имени академика А. Д. Белова, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, [ant.lashin@yandex.ru](mailto:ant.lashin@yandex.ru);

**Сыроватский Максим Викторович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления и кормопроизводства, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина

### **Information about the authors**

**Nikita I. Maksimov**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Feed Production, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, [kit4862@mail.ru](mailto:kit4862@mail.ru);

**Anton P. Lashin**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Radiobiology and Biophysics named after Academician A. D. Belov, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, [ant.lashin@yandex.ru](mailto:ant.lashin@yandex.ru);

**Maksim V. Syrovatskiy**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Feed Production, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin

**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 636.5:612.1

EDN QKICOC

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-65-73>

### Динамика биохимических показателей крови яичных цыплят при скармливании плодов шиповника

Мария Салиховна Мансурова<sup>1</sup>, Елена Юрьевна Залюбовская<sup>2</sup>,  
Марина Евгеньевна Остякова<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт  
Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1,2</sup> [dalznivilabbiohim@mail.ru](mailto:dalznivilabbiohim@mail.ru), <sup>3</sup> [dalznividv@mail.ru](mailto:dalznividv@mail.ru)

**Аннотация.** Исследования выполнены на яичных цыплятах кросса «Декалб Уайт» в лабораторных условиях на базе Дальневосточного зонального научно-исследовательского ветеринарного института. Контрольная группа получала основной рацион ПК 3-29, опытная группа – добавку из шиповника (4 % от массы комбикорма). Изучен биохимический состав сыворотки крови, характеризующий белковый обмен (общий белок и его фракции, креатинин), липидно-углеводный обмен (холестерин, триглицериды, глюкоза), минеральный обмен (кальций, неорганический фосфор, магний) и функциональное состояние печени (билирубин, аспартатаминотрансфераза, аланинаминотрансфераза, щелочная фосфатаза). На начальном этапе эксперимента у цыплят контрольной и опытной групп были выявлены отклонения в показателях крови от нормальных значений. Так, регистрировали превышение нормы количества общего белка и альбуминов на 5,1 и 10,2 %; 36,5 и 41,0 % при сниженной концентрации  $\alpha$ -глобулинов и  $\beta$ -глобулинов на 16,4 и 23,8 %; 21,8 и 31,3 % и с увеличением процента  $\gamma$ -глобулинов на 7,3 и 10,7 % соответственно. Отмечали гипогликемию на 17,4 и 19,7 % соответственно. Концентрация билирубина превышала норму на 26,3 %. Активность АЛТ была выше нормы на 39,5 и 63,2 %, уровень активности АСТ не достигал ее значений на 7,8 и 8,5 %, активность щелочной фосфатазы снижена на 13,4 и 29,9 % соответственно. В конце эксперимента в отношении контроля у птицы опытной группы отмечено повышение щелочной фосфатазы на 36,1 %, количества фосфора на 35,3 %, концентрации общего белка на 22,2 %,  $\beta$ -глобулинов на 28,4 %, а также снижение АСТ на 11,1 %, АЛТ на 8,6 %, холестерина на 17,5 %. Введение в рацион яичных цыплят растительной добавки на основе шиповника не оказало отрицательного влияния на организм птицы. При этом установлено, что добавка положительно влияет на обмен веществ птицы, включая липиды, углеводы, минералы и белки.

**Ключевые слова:** цыплята, кормовая добавка, шиповник, обмен веществ, биохимические исследования, кровь

**Для цитирования:** Мансурова М. С., Залюбовская Е. Ю., Остякова М. Е. Влияние растительной добавки на биохимические показатели крови яичных цыплят // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 65–73. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-65-73>.

Original article

### Dynamics of biochemical blood parameters of egg chickens when feeding rosehip fruits

Mariya S. Mansurova<sup>1</sup>, Elena Yu. Zalyubovskaya<sup>2</sup>,  
Marina E. Ostyakova<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Far Eastern Zone Research Veterinary Institute  
Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

<sup>1,2</sup> [dalznivilabbiohim@mail.ru](mailto:dalznivilabbiohim@mail.ru), <sup>3</sup> [dalznividv@mail.ru](mailto:dalznividv@mail.ru)

**Abstract.** The studies were performed on Dekalb White cross-breeding chickens in laboratory conditions at the Far Eastern Zone Research Veterinary Institute. Two groups were formed: the control group received the main diet PK 3-29, and the experimental group received a rosehip supplement of 4% of the feed weight. The biochemical composition of blood serum was studied, characterizing protein metabolism (total protein and its fractions, creatinine), lipid-carbohydrate metabolism (cholesterol, triglycerides, glucose), mineral metabolism (calcium, inorganic phosphorus, magnesium), and the functional state of the liver (bilirubin, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, alkaline phosphatase). At the initial stage of the experiment, deviations in blood parameters from normal values were detected in the chickens of the control and experimental groups. Thus, the excess of the normal amount of total protein and albumin was recorded by 5.1 and 10.2% and by 36.5 and 41.0% with a reduced concentration of  $\alpha$ -globulins by 16.4 and 23.8%,  $\beta$ -globulins by 21.8 and 31.3% with an increase in the percentage of  $\gamma$ -globulins by 7.3 and 10.7%, respectively. Hypoglycemia was noted by 17.4 and 19.7%, respectively. The bilirubin concentration exceeded the norm by 26.3%. ALT activity was above the norm by 39.5 and 63.2%, the level of AST activity did not reach its values by 7.8 and 8.5%, the activity of alkaline phosphatase was reduced by 13.4 and 29.9%, respectively. At the end of the experiment, in comparison with the control, the experimental group birds showed an increase in alkaline phosphatase by 36.1%, the amount of phosphorus by 35.3%, the concentration of total protein by 22.2%,  $\beta$ -globulins by 28.4%, and a decrease in AST by 11.1%, ALT by 8.6%, and cholesterol by 17.5%. The introduction of a rosehip-based herbal supplement into the diet of egg-laying chickens did not negatively affect the bird's body. At the same time, it was found that the supplement has a positive effect on the bird's metabolism, including lipids, carbohydrates, minerals, and proteins.

**Keywords:** chickens, feed additive, rosehip, metabolism, biochemical studies, blood

**For citation:** Mansurova M. S., Zalyubovskaya E. Yu., Ostyakova M. E. Dynamics of biochemical blood parameters of egg chickens when feeding rosehip fruits. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;3:65–73. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-65-73>.

**Введение.** Птицеводство – наиболее перспективная отрасль животноводства с возможностью получения высококачественной продукции в кратчайшие сроки. Основополагающим фактором в развитии этой сферы является здоровый молодняк. Однако при несоответствии условий кормления относительно физиологических возможностей молодого организма наблюдаются снижение иммунитета, нарушение функционирования систем организма, что негативным образом отражается на продуктивности [1, 2, 3, 10].

В производстве яйца на этапе разработки рационов для птицы разных технологических групп предусматривается применение кормовых добавок, направленных на рациональность кормления, предупреждение метаболических нарушений. Также различного рода добавки к корму используют для коррекции уже возникшего дисбаланса со стороны обмена веществ.

Востребованность применения кормовых добавок в птицеводстве яичного

направления подразумевает изыскание новых рецептур добавок к корму с использованием безопасного и более экономичного сырья. Большой интерес вызывает сырье растительного происхождения, которое при правильном сочетании и дозировании благоприятно сказывается на организме птицы за счет оптимизации обменных процессов; своих антимикробных, антиоксидантных, противовоспалительных и других свойств.

Поиск новых рецептур, направленных на поддержание или коррекцию физиологического статуса кур, в том числе молодняка, невозможен без изучения метаболического профиля крови [6].

**Цель исследований** – изучение эффективности добавки растительного происхождения на цыплятах яичного кросса «Декалб Уайт».

**Материалы и методы исследований.** Объектом исследования выступали цыплята в возрасте шести недель (кросс «Декалб Уайт»). Отбор цыплят в экспериментальные группы (контрольная, опыт-

ная) осуществляли методом случайной выборки с учетом их половозрастной принадлежности в количестве десять голов в каждой группе ( $n=20$ ). Средняя живая масса цыплят составляла  $419 \pm 5$  г.

Птицу содержали в лабораторных условиях на базе Дальневосточного зонального научно-исследовательского ветеринарного института. Продолжительность эксперимента равна 50 дней.

На протяжении 15 дней молодняк получал основной рацион, состоящий из комбикорма ПК 3-29. В состав комбикорма входили пшеница, шрот соевый, кукуруза, ячмень, шрот подсолнечный, овес, известняковая мука, соя полножирная экструдированная, премикс, монокальцийфосфат, сульфат натрия безводный, сульфат лизина, соль поваренная, DL-метионин. Обменная энергия комбикорма составляла 287,0 ккал/100 г, содержание сырого протеина – 16,53 %, сырой клетчатки – 5,31 %.

Затем цыплятам в контроле продолжали скармливать основной рацион. Молодняк опытной группы дополнительно к основному рациону получал добавку из плодов шиповника, измельченных вместе с косточками. При этом объем вводимой в рацион добавки составил 4 % от массы комбикорма.

На протяжении опыта все группы имели свободный доступ к ракушке и чистой водопроводной воде.

Материалом исследований служила сыворотка крови цыплят. Взятие крови осуществляли из сердца в начале и конце опыта. Были изучены белковый обмен (общий белок и его фракции, креатинин), липидно-углеводный обмен (холестерин, триглицериды, глюкоза), минеральный обмен (кальций, неорганический фосфор, магний) и функциональное состояние печени (билирубин, аспартатаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ), щелочная фосфатаза (ЩФ)).

Для проведения биохимических анализов использовались реагенты ВИТАЛ на анализаторах «StatFax» 3300 и 1904-R. Общий белок был определен с использованием рефрактометра РЛ-2, а белковые фракции – турбидиметрическим методом на анализаторе «StatFax» 1904-R [8]. Полученные данные биохимического исследова-

ования сыворотки крови сравнивали с общепринятыми значениями показателей для яичных кур [4, 7, 9].

Результаты статистически обрабатывались в Microsoft Excel с использованием критерия Стьюдента ( $t$ ). Они считались достоверными при  $p < 0,05$ .

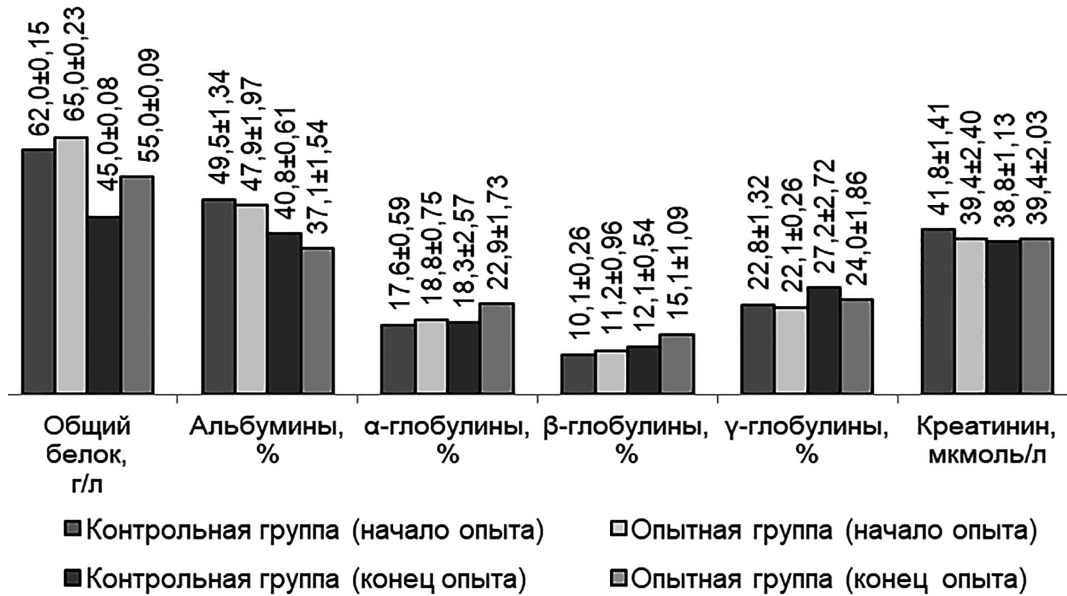
**Результаты исследований и их обсуждение.** В начале опыта у цыплят контрольной и опытной групп отмечали повышенные значения протеинов на 5,1 и 10,2 %, альбуминовой фракции на 36,5 и 41,0 % относительно нормативных показателей соответственно, при сниженном количестве почти всех групп глобулинов. При этом процент  $\alpha$ - и  $\beta$ -глобулинов выходил за нижнюю границу нормы на 16,4 и 21,8 % у молодняка в контроле и на 23,8 и 31,3 % в опытной группе, при одновременно повышенных значениях  $\gamma$ -глобулинов у контрольной птицы на 7,3 % и у опытной птицы на 10,7 % (рис. 1).

Таким образом, у цыплят была выявлена диспротеинемия, которая может быть обусловлена нарушениями кормления и различными патологическими процессами.

После скармливания добавки из плодов шиповника концентрация общего белка опытной группы была выше показателей контроля на 22,3 % ( $p < 0,001$ ). Повышенный процент альбуминовой фракции был характерен для всех цыплят, но у опытной птицы этот показатель был достоверно ниже на 9,1 % ( $p < 0,05$ ). Процент  $\alpha$ - и  $\beta$ -глобулинов в группе опыта молодняк имел нормативные значения, тогда как в группе с контрольными цыплятами аналогичные показатели были ниже нормы на 17,7–18,7 %, при этом регистрировали достоверно более высокий уровень  $\beta$ -глобулиновой фракции на 24,8 % при  $p < 0,05$  у молодняка, получавшего растительную добавку.

Также отмечали повышенные значения  $\gamma$ -глобулинов на 16,5–32,0 % во всех экспериментальных группах, которые были наименьшими у птицы опытной группы на 11,8 %. Нормативные значения креатинина были характерны для молодых двух групп.

Для оценки липидно-углеводного обмена у отобранных цыплят в начале опыта и по его завершению были исследованы

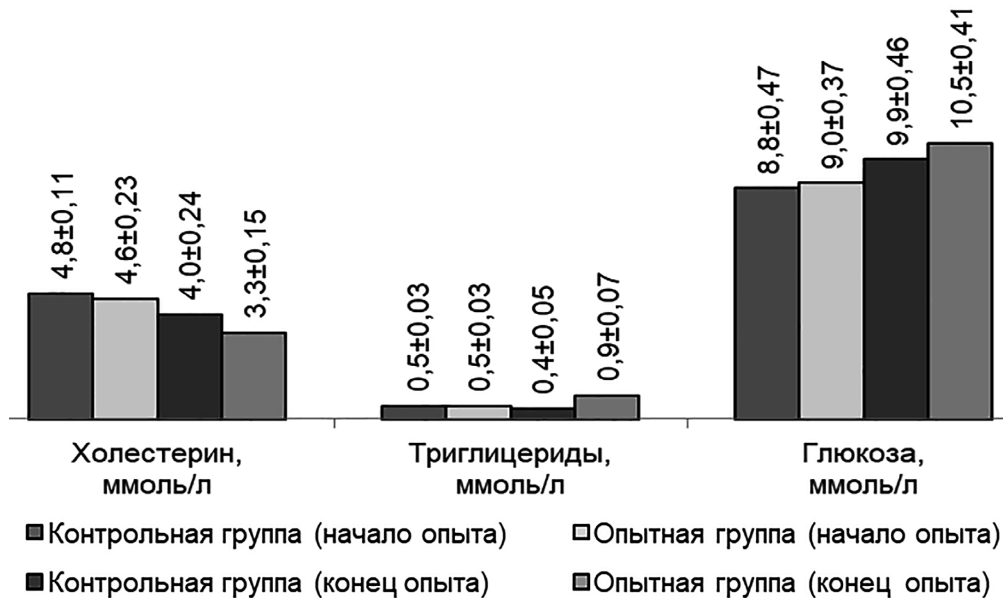


**Рисунок 1 – Белковый профиль яичных цыплят в начале и конце опыта ( $M \pm m, n=10$ )**  
**Figure 1 – Protein profile of egg chickens at the beginning and end of the experiment ( $M \pm m, n=10$ )**

дованы такие показатели, как холестерин, триглицериды и глюкоза (рис. 2).

На начальном этапе исследований количество холестерина в крови значительно превышало нормативный уровень (на 39,5 % в контроле и на 63,2 % в опыт-

ной группе) на фоне физиологических значений триглицеридов у птицы контрольной и опытной групп. Также у цыплят регистрировали гипогликемию, проявляющуюся снижением уровня глюкозы на 17,4 и 19,7 % соответственно.



**Рисунок 2 – Липидно-углеводный профиль яичных цыплят в начале и конце опыта ( $M \pm m, n=10$ )**  
**Figure 2 – Lipid-carbohydrate profile of egg chickens at the beginning and end of the experiment ( $M \pm m, n=10$ )**

В конце периода наблюдений концентрация глюкозы в крови по сравнению с нормой имела более низкие значения – на 9,2 % в контроле; в опыте аналогичный показатель находился у нижней границы референтного предела. Содержание триглицеридов у всей птицы соответствовало норме, но у контрольных цыплят этот показатель стремился к ее нижней границе, а у опытных цыплят, напротив, к верхней границе. Наиболее высокий уровень холестерина фиксировали в контроле: отклонение составило 29,0 % относительно референтных значений и 17,5 % ( $p < 0,05$ ) относительно опыта, что согласуется с результатами А. Р. Vlaicu и соавт. (2020), которые в своей работе отмечают снижение холестерина в крови птицы за счет высокого содержания в шиповнике клетчатки и флавоноидов [12].

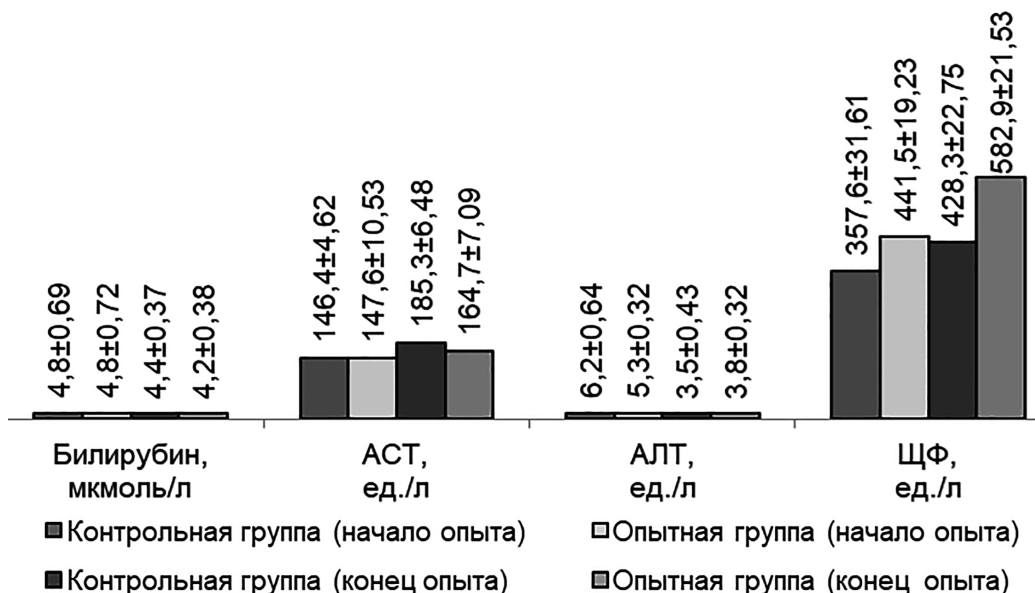
Изучение биохимических показателей, характеризующих функцию печени, показало повышенный уровень билирубина на 26,3 % у цыплят, как в контроле, так и в опыте, что может указывать на потенциальное нарушение выведения желчи печенью (рис. 3).

Сывороточный фермент (АЛТ) в исследуемых группах превышал физиологический диапазон на 63,2 % (контроль) и

на 39,5 % (опыт), а вот активность АСТ, напротив, не достигала нормального уровня на 7,8 % (контроль) и на 8,5 % (опыт). Эти результаты могут свидетельствовать о наличии патологических процессов в печени, связанных с дисбалансом белков и углеводов в рационе молодняка. Уровень щелочной фосфатазы в группах контроля и опыта был сниженным относительно нормы на 13,4 и 29,9 % соответственно.

В конце опытного периода концентрация билирубина в исследуемых группах превышала верхнюю границу референтных значений на 15,8 и 10,5 %, при этом в отношении контрольных цыплят этот показатель у опытного молодняка был ниже на 4,5 %. Уровень АСТ у птицы контрольной группы превосходил нормативный предел на 9,0 %, а ее активность у цыплят, получавших добавку, соответствовала нормативному значению и имела достоверную разницу относительно контроля на 11,1 % ( $p < 0,05$ ).

Концентрация АЛТ у контрольной птицы была ниже нормы на 7,9 %, в опыте показатель находился в пределах нормальных значений и был ниже контрольных значений на 8,6 %. Это говорит о том, что включение в рацион молодняка кур плодов шиповника способствовало сохра-



**Рисунок 3 – Печеночный профиль яичных цыплят в начале и конце опыта ( $M \pm m, n = 10$ )**  
**Figure 3 – Liver profile of egg chickens at the beginning and end of the experiment ( $M \pm m, n = 10$ )**

нению ферментативной активности печени. Уровень ЩФ у контрольной птицы выходил за нижний предел референтных значений на 16,0 %, а в опытной группе аналогичный показатель соответствовал норме и превосходил аналогичный показатель контрольной группы на 36,1 % при  $p < 0,01$ . Согласно данным ряда авторов, увеличение активности щелочной фосфатазы у молодняка в референтных пределах может быть результатом улучшения ретенции кальция и фосфора, которые участвуют в формировании костной ткани молодняка [5, 11].

При исследовании минерального обмена в начале опыта у птицы всех групп уровень кальция находился в пределах допустимого диапазона. Однако по содержанию фосфора контрольная группа превышала нормативные значения на 20,8 %, а опытная группа – на 12,5 % (рис. 4).

В конце опыта содержание кальция превышало нормативные уровни на 8,7 % (контроль) и на 26,1 % (опыт). Концентрация неорганического фосфора у опытных цыплят не выходила за референтный предел, тогда как у контрольной птицы этот показатель был ниже относительной нижней границы нормы на 5,6 %, при этом межгрупповые различия составили 35,3 % при  $p < 0,05$ . Нормативные значения магния

были характерны для всего молодняка, но у опытных цыплят его уровень превышал значения контрольных цыплят на 33,3 %. Очевидно, что использование плодов шиповника привело к повышению уровня минералов в крови.

Сохранность экспериментальной птицы на протяжении всего опыта составляла 100 % в обеих группах.

Таким образом, в ходе исследования биохимических показателей крови цыплят в начале опыта были обнаружены нарушения метаболических процессов в организме молодняка. Выявленные отклонения указывали на необходимость коррекции рациона птицы с применением растительной добавки.

Скармливание добавки из плодов шиповника способствовало нормализации метаболических процессов в организме молодняка в период интенсивного роста за счет содержания в нем комплекса необходимых витаминов, минералов и многих других полезных веществ [13–15].

**Заключение.** Скармливание растительной добавки молодняку птицы с нарушениями липидно-углеводного, минерального, белкового обменов веществ, нарушением функций печени в период интенсивного роста (возраст 6–15 недель)

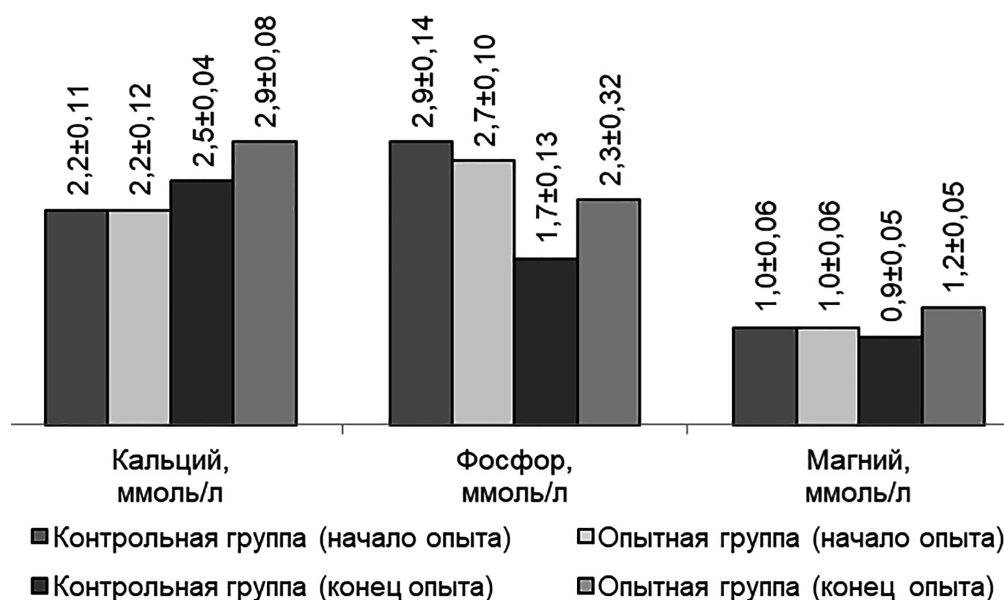


Рисунок 4 – Минеральный профиль яичных цыплят в начале и конце опыта ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

Figure 4 – Mineral profile of egg chickens at the beginning and end of the experiment ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

способствовало нормализации метаболизма. Снизились и пришли в норму следующие показатели крови:

уровень общего белка на 18,2 % ( $p < 0,01$ );  
уровень альбуминов на 29,1 % ( $p < 0,001$ );  
уровень холестерина на 39,4 % ( $p < 0,001$ );  
уровень билирубина на 14,3 %;  
концентрация фосфора на 17,4 %;  
уровень АЛТ на 39,5 % ( $p < 0,01$ ).

Вместе с тем повысились и пришли в норму следующие показатели крови:

уровень  $\beta$ -глобулинов на 25,8 % ( $p < 0,05$ );  
уровень глюкозы на 14,3 % ( $p < 0,05$ );  
концентрация кальция на 24,1 % ( $p < 0,001$ );  
уровень щелочной фосфатазы на 24,3 % ( $p < 0,001$ );  
уровень АСТ на 39,5 %.

### Список источников

1. Аржанкова Ю. В., Лисица П. В., Васина А. Ю., Кириллова Е. В. Перспективы использования сапропеля в птицеводстве // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 7–12. EDN EYVNAF.
2. Багно О. А., Шенцева А. В. Влияние экстракта расторопши пятнистой на морфологические показатели крови цыплят-бройлеров // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике : материалы XVIII междунар. науч.-практ. конф. Кемерово : Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 20–25. EDN XOCOST.
3. Идиятов И. И., Домбровский В. О., Ларина Ю. В., Алеев Д. В., Егоров В. И. Оценка хронической токсичности композиции лечебных средств для устранения последствий токсикозов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана. 2020. Т. 244. № 4. С. 92–96. doi: 10.31588/2413-4201-1883-244-4-92-97. EDN ATYYNG.
4. Кудрявцев А. А., Кудрявцева Л. А. Клиническая гематология животных. М. : Колос, 1974. 399 с.
5. Мейер Д., Харви Дж. Ветеринарная лабораторная медицина. Интерпретация и диагностика. М. : Софион, 2007. 456 с.
6. Шацких Е. В., Латыпова Е. Н. Показатели крови и продуктивность кур при использовании в рационе фитобиотических препаратов // Аграрный вестник Урала. 2023. № 8 (237). С. 78–88. doi: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-78-88. EDN CBRVJK.
7. Насонов И. В. Методические рекомендации по гематологическим и биохимическим исследованиям у кур современных кроссов. Минск, 2014. 32 с.
8. Патент № 2669403 Российская Федерация. Способ определения белковых фракций сыворотки крови : № 2017134218 ; заявл. 02.10.2017 ; опубл. 11.10.2018 / Остякова М. Е., Штенникова Г. Б. Бюл. № 29. 6 с. EDN ZEBQMP.
9. Садовников Н. В. Общие и специальные методы исследования крови птиц промышленных кроссов. Екатеринбург : Уральская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. 86 с. EDN SNDNEX.
10. Тимофеев Н. П. Фитобиотики в мировой практике: виды растений и действующие вещества, эффективность и ограничения, перспективы (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22. № 6. С. 804–825. doi: 10.30766/2072-9081.2021.22.6.804-825. EDN SZRHZL.
11. Фисинин В. И., Абдулхаликов Р. З., Савхалова С. Ч., Малородов В. В. Эффективность воздействия антиоксиданта на зоотехнические и гематологические показатели и состояние печени бройлеров // Птицеводство. 2021. № 6. С. 40–45. doi: 10.33845/0033-3239-2021-70-6-40-45. EDN TXTRPFZ.
12. Vlaicu P. A., Turcu R. P., Panaite D. T. Rosehip as a beneficial dietary feed in poultry nutrition // Advanced Research in Life Sciences. 2020. Vol. 4. No. 1. P. 11–15. doi: 10.3390/antiox11101948.
13. Gjorgovska N., Grigorova S., Levkov V. Application of rosehip fruits as feed supplement in animal nutrition // Journal of Agriculture Food and Development. 2021. No. 7. P. 12–15. doi: 10.30635/2415-0142.2021.07.03.



14. Igual M. Valorization of rosehip (*Rosa canina*) puree co-product in enriched corn extrudates // *Foods*. 2021. Vol. 10. No. 11. P. 2787. doi: 10.3390/foods10112787.

15. Nitievskaya K. N. Research of the process of hydration of rosa majalis // *Modern Science and Innovations*. 2020. No. 4 (32). P. 76–82. doi: 10.37493/2307-910X.2020.4.11. EDN SCJBKO.

### References

1. Arzhankova Yu. V., Lisitsa P. V., Vasina A. Yu., Kirillova E. V. Prospects for the use of spropel in poultry farming. *Izvestiya Velikolukskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2019;1:7–12. EDN EYVNAF (in Russ.).

2. Bagno O. A., Shentseva A. V. The effect of milk thistle extract on the morphological parameters of the blood of broiler chickens. Proceedings from Current trends in agricultural production in the global economy: *XVIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 20–25), Kemerovo, Kuzbasskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2019. EDN XOCOCT (in Russ.).

3. Idiyatov I. I., Dombrovskiy V. O., Larina Yu. V., Aleev D. V., Egorov V. I. Assessment of the chronic toxicity of the composition of medicine to eliminate consequences of toxicosis. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny imeni N. E. Baumana*, 2020; 244;4:92–96 doi: 10.31588/2413-4201-1883-244-4-92-97. EDN ATYYNG (in Russ.).

4. Kudryavtsev A. A., Kudryavtseva L. A. *Clinical hematology of animals*, Moscow, Kolos, 1974, 399 p. (in Russ.).

5. Meier D., Kharvi Dzh. *Veterinary laboratory medicine. Interpretation and diagnosis*, Moscow, Sofion, 2007, 456 p. (in Russ.).

6. Shatskikh E. V., Latypova E. N. Blood parameters and productivity of chickens when using phytobiotic preparations in the diet. *Agrarnyi vestnik Urala*, 2023;8(237):78–88. doi: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-78-88. EDN CBPVJK (in Russ.).

7. Nasonov I. V. *Methodological recommendations on hematological and biochemical studies in chickens of modern crosses*, Minsk, 2014, 32 p. (in Russ.).

8. Ostyakova M. E., Shtennikova G. B. A method for determining the protein fractions of blood serum. *Patent RF, No. 2669403 (2018) yandex.ru/patents* Retrieved from [https://yandex.ru/patents/doc/RU2669403C1\\_20181011](https://yandex.ru/patents/doc/RU2669403C1_20181011) (Accessed 20 May 2024) EDN ZEBQMP (in Russ.).

9. Sadovnikov N. V. *General and special methods of blood testing of birds of industrial crosses*, Ekaterinburg, Ural'skaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2009, 86 p. EDN SNDNEX (in Russ.).

10. Timofeev N. P. Phytobiotics in world practice: plant species and active ingredients, effectiveness and limitations, perspective (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2021; 22;6:804–825. doi: 10.30766/2072-9081.2021.22.6.804-825. EDN SZRHZL (in Russ.).

11. Fisinin V. I., Abdulkhalikov R. Z., Savhalova S. Ch., Malorodov V. V. The effects of dietary antioxidant on growth, blood parameters and liver functionality in broilers. *Ptitsevodstvo*, 2021;6:40–45. doi: 10.33845/0033-3239-2021-70-6-40-45. EDN TXTPFZ (in Russ.).

12. Vlaicu P. A., Turcu R. P., Panaite D. T. Rosehip as a beneficial dietary feed in poultry nutrition. *Advanced Research in Life Sciences*, 2020;4;1:11–15. doi: 10.3390/antiox11101948.

13. Gjorgovska N., Grigorova S., Levkov V. Application of rosehip fruits as feed supplement in animal nutrition. *Journal of Agriculture Food and Development*, 2021;7:12–15. doi: 10.30635/2415-0142.2021.07.03.

14. Igual M. Valorization of rosehip (*Rosa canina*) puree co-product in enriched corn extrudates. *Foods*, 2021;10;11:2787. doi: 10.3390/foods10112787.

15. Nitievskaya K. N. Research of the process of hydration of rosa majalis. *Modern Science and Innovations*, 2020;4(32):76–82. doi: 10.37493/2307-910X.2020.4.11. EDN SCJBKO.

© Мансурова М. С., Залюбовская Е. Ю., Остякова М. Е., 2024

Статья поступила в редакцию 25.08.2024; одобрена после рецензирования 12.09.2024; принята к публикации 17.09.2024.

The article was submitted 25.08.2024; approved after reviewing 12.09.2024; accepted for publication 17.09.2024.

**Информация об авторах**

**Мансурова Мария Салиховна**, научный сотрудник отдела животноводства и птицеводства, Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1747-7799>, Author ID: 1099378, [dalznivilabbiohim@mail.ru](mailto:dalznivilabbiohim@mail.ru);

**Залюбовская Елена Юрьевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела животноводства и птицеводства, Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4339-7912>, Author ID: 992847, [dalznivi-labbiohim@mail.ru](mailto:dalznivi-labbiohim@mail.ru);

**Остякова Марина Евгеньевна**, доктор биологических наук, доцент, директор, Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-0991>, Author ID: 680547, [dalznividv@mail.ru](mailto:dalznividv@mail.ru)

**Information about the authors**

**Mariya S. Mansurova**, Researcher at the Department of Animal Husbandry and Poultry, Far East Zone Research Veterinary Institute, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1747-7799>, Author ID: 1099378, [dalznivilabbiohim@mail.ru](mailto:dalznivilabbiohim@mail.ru);

**Elena Yu. Zalyubovskaya**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Department of Animal Husbandry and Poultry, Far East Zone Research Veterinary Institute, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4339-7912>, Author ID: 992847, [dalznivi-labbiohim@mail.ru](mailto:dalznivi-labbiohim@mail.ru);

**Marina E. Ostyakova**, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Director, Far East Zone Research Veterinary Institute, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-0991>, Author ID: 680547, [dalznividv@mail.ru](mailto:dalznividv@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 636.5+636.084

EDN ROQIZB

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-74-83>

**Продуктивные качества цыплят-бройлеров  
при использовании в рационе растительной кормовой добавки**

**Александр Александрович Овчинников<sup>1</sup>, Татьяна Анатольевна Шепелева<sup>2</sup>,  
Оксана Владимировна Ростова<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Южно-Уральский государственный аграрный университет

Челябинская область, Троицк, Россия

<sup>1</sup> [ovchin@bk.ru](mailto:ovchin@bk.ru)

**Аннотация.** Изучена кормовая добавка березового гриба (чага) при использовании в дозах 20; 40 и 60 мг/кг живой массы цыплят-бройлеров, нанесенная в виде 5,0 % отвара на суточную норму комбикорма с последующим его высушиванием до исходной влажности. Установлено, что из всех дозировок оптимальной является норма ввода 20 мг, которая в период роста птицы способствовала увеличению переваримости сырого протеина на 4,05 % в возрасте бройлеров три недели и на 3,17 % в пятинедельном возрасте; сырого жира – на 1,92 и 4,15 % соответственно. Проведенный расчет отложения азотистых веществ корма в теле птицы показал, что в данной группе бройлеров их ретенция была выше на 5,1–16,1 %; с увеличением нормы кормовой добавки использование азота в теле птицы было ниже. Доказано, что изучаемые дозировки не оказали отрицательного влияния на переваримость в организме птицы сырой клетчатки и группы безазотистых экстрактивных веществ. Установлено, что живая масса цыплят-бройлеров в группе с низкой дозировкой березового гриба превосходила контрольную группу на 5,0 %, со средней нормой ввода – на 3,4 %, с высокой нормой – на 1,5 %. Обосновано положительное влияние низкой дозировки кормовой добавки на повышение мясных качеств тушки цыплят-бройлеров. Проведен анализ экономической оценки выращивания цыплят-бройлеров, позволивший сделать вывод, что норма ввода чаги 20 мг повысила оплату корма продукцией на 4,9 %, рентабельность производства возросла на 2,4 %, затраты корма снизились на 4,7 %, в то время как в других опытных группах различие было менее выражено.

**Ключевые слова:** кормовая добавка березового гриба, цыплята-бройлеры, живая масса, переваримость питательных веществ рациона, мясная продуктивность, экономическая эффективность выращивания цыплят-бройлеров

**Для цитирования:** Овчинников А. А., Шепелева Т. А., Ростова О. В. Продуктивные качества цыплят-бройлеров при использовании в рационе растительной кормовой добавки // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 74–83. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-74-83>.

Original article

**Productive qualities of broiler chickens  
when using a plant feed additive in the diet**

**Alexander A. Ovchinnikov<sup>1</sup>, Tatyana A. Shepeleva<sup>2</sup>, Oksana V. Rostova<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk region, Troitsk, Russian Federation

<sup>1</sup> [ovchin@bk.ru](mailto:ovchin@bk.ru)

**Abstract.** The birch mushroom feed additive (chaga) in the dose of 20; 40 and 60 mg/kg of live weight of broiler chickens applied in the form of 5.0% decoction per daily rate of compound feed with subsequent drying to the initial moisture content was studied. It was found that of all

the dosages, the optimal was the input rate of 20 mg, which during the growth period of the bird contributed to an increase in the digestibility of crude protein by 4.05% at the age of three weeks of broilers, by 3.17% at five weeks; crude fat by 1.92 and 4.15%, respectively. The calculation of the deposition of nitrogenous substances of the feed in the bird's body showed that in this group of broilers their retention was higher by 5.1–16.1%; with an increase in the rate of the feed additive, the use of nitrogen in the bird's body was lower. It has been proven that the studied dosages did not have a negative effect on the digestibility of crude fiber and the BEF group in the poultry body. It has been established that the live weight of broiler chickens in the group with a low dosage of birch fungus exceeded the control group by 5.0%, with an average input rate – by 3.4%, with a high one – by 1.5%. The positive effect of a low dosage of the feed additive on improving the meat qualities of the carcass of broiler chickens has been substantiated. An analysis of the economic assessment of broiler chicken rearing has been conducted, which allowed us to conclude that the chaga input rate of 20 mg increased the payment for feed in products by 4.9%, production profitability increased by 2.4%, feed costs decreased by 4.7%, while in other experimental groups the difference was less pronounced.

**Keywords:** birch mushroom feed additive, broiler chickens, live weight, digestibility of dietary nutrients, meat productivity, economic efficiency of growing broiler chickens

**For citation:** Ovchinnikov A. A., Shepeleva T. A., Rostova O. V. Productive qualities of broiler chickens when using a plant feed additive in the diet. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;3:74–83. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-74-83>.

**Введение.** До эры антибиотиков основные лекарственные формы для лечения человека и животных получали из растений. Систематизация полученных знаний дала возможность сформировать обширную базу данных лекарственных растений и их применения в различных природно-климатических зонах стран и континентов [1, 2].

Не исключением является и Российская Федерация, на территории которой региональная флора меняется, как в видовом составе, так и по содержанию в ней биологически активных компонентов. Величина фитохемотренов, основных действующих веществ лекарственных растений, зависит от уровня фотосинтетически активной радиации, температурного режима, количества доступной влаги. Антиоксиданты, терпены, флавоноиды, птерины, органо-минеральные комплексы и другие биологически активные соединения растительной клетки повышают защитные силы организма сельскохозяйственных животных и птицы, переваримость и использование питательных веществ корма; увеличивают регенерацию поврежденных слизистых оболочек и кожного покрова; нормализуют бактериальный состав микробиома кишечника [3, 4].

К наиболее интересному виду растений, произрастающему на деревьях и расцениваемому как паразит, относится березовый гриб или чага. Если для

применения в медицинских целях данная растительная форма вполне изучена [5, 6], то для животноводства и птицеводства чага вполне может служить объектом исследования. По данным многих ученых, занимающихся вопросом раскрытия механизма действия березового гриба, основными действующими веществами чаги являются органические вещества антимикробного характера, детоксикационного действия, защищающие и восстанавливающие слизистую желудочно-кишечного тракта, придавая ей целостность и высокую функциональную активность.

В российских регионах с березовыми лесами производство чаги не представляет большого труда, а, следовательно, существуют возможности ее применения как кормовой добавки в рационах сельскохозяйственных животных и птицы.

**Цель исследований** – установить влияние дозы фитобиотика на продуктивность цыплят-бройлеров, степень переваримости питательных веществ и использования азота корма, показатели мясной продуктивности птицы.

**Условия, объекты и методика исследований.** Научно-хозяйственный опыт на кроссе цыплят-бройлеров «Смена 9» проведен в условиях птичника кафедры птицеводства института ветеринарной медицины Южно-Уральского государственного аграрного университета. Суточные цыплята были распределены на четыре

группы, по 35 голов в каждой. Основным кормом служил полнорационный комбикорм ПК-5, ПК-6, на фоне которого птице I опытной группы дополнительно вводили отвар чаги в дозе 20 мг/кг живой массы, II опытной группы – 40 и III опытной группы – 60 мг/кг живой массы. При этом производилось напыление 5,0 % отвара на комбикорм с последующим его высушиванием до первоначальной влажности.

Живая масса каждой головы контрольной и опытных групп фиксировалась еженедельным взвешиванием, на основании чего был рассчитан абсолютный и среднесуточный прирост. Ежедневным осмотром всего поголовья до завершения периода выращивания птицы фиксировалась сохранность цыплят-бройлеров.

Изучение переваримости питательных веществ рациона и расчет баланса азота в трех и пятинедельном возрасте птицы, а также оценка мясной продуктивности проведены по методике ВНИТИП.

При оценке экономической эффективности полученных результатов руководствовались методиками ВНИТИП [7] и И. И. Замыслова [8].

Полученные данные были обработаны биометрически на персональном ком-

пьютере с определением уровня достоверности результатов.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Живая масса цыплят-бройлеров является основным производственным показателем, от которого зависит рентабельность производства продукции. Она характеризует рост и развитие организма птицы на отдельных этапах постнатального развития.

Проведенный анализ по фазам кормления цыплят-бройлеров (табл. 1) показал, что уже в первую фазу выращивания птицы (0–14 сут.) на рационе с концентрацией обменной энергии 296 ккал/100 г комбикорма и уровнем сырого протеина 23,0 %, бройлеры опытных групп в сравнении с контрольной имели положительную разницу в живой массе: в I группе на 7,0 %, во II группе на 5,5 % и в III группе на 5,7 % ( $P \leq 0,05$ ). Эта тенденция сохранилась и в двухнедельном возрасте с преимуществом последней опытной группы.

Однако, уже в течение второго периода выращивания цыплят-бройлеров (15–24 сут.) на рационе, содержащем обменной энергии на уровне 305 ккал/100 г комбикорма и 21,5 % сырого протеина, преимущество в развитии имела птица

**Таблица 1 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров ( $X \pm m_x$ )**

**Table 1 – Dynamics of live weight of broiler chickens ( $X \pm m_x$ )**

| Возраст, сут.                | Группы         |                  |                 |                |
|------------------------------|----------------|------------------|-----------------|----------------|
|                              | контрольная    | I опытная        | II опытная      | III опытная    |
| 1                            | 47,17±0,38     | 46,97±0,13       | 47,13±0,10      | 47,33±0,12     |
| 7                            | 131,53±1,85    | 140,70±1,72*     | 138,80±2,18*    | 139,01±2,15*   |
| 14                           | 378,90±7,78    | 396,83±5,14      | 397,80±5,08     | 400,80±5,20*   |
| 21                           | 805,07±9,80    | 860,97±10,24***  | 848,40±11,59**  | 823,40±11,07   |
| 28                           | 1 373,53±18,86 | 1 457,33±16,51** | 1 430,80±16,74* | 1 398,80±17,40 |
| 35                           | 2 001,47±29,00 | 2 105,87±21,66** | 2 071,67±24,59  | 2 031,27±23,88 |
| 38                           | 2 333,90±35,36 | 2 447,33±28,83*  | 2 410,67±26,29  | 2 369,13±28,56 |
| Абсолютный прирост           | 2 286,73±35,34 | 2 400,37±28,81*  | 2 363,54±26,29  | 2 321,80±28,55 |
| Среднесуточный прирост       | 61,80±0,96     | 64,87±0,78*      | 63,88±0,71      | 62,75±0,77     |
| Процент к контрольной группе | 100,0          | 105,0            | 103,4           | 101,5          |
| Сохранность птицы, %         | 100,0          | 100,0            | 100,0           | 100,0          |

первых двух опытных групп с разницей относительно контрольной группы на 6,9 и 5,4 % ( $P \leq 0,01-0,001$ ).

С переходом на третью фазу выращивания (25–34 сут.) в комбикорме птицы обменная энергия увеличилась до уровня 313 ккал/100 г комбикорма, а сырой протеин снизился до 19,5 %. При этом разница в живой массе цыплят-бройлеров между контрольной и опытными группами сократилась. На завершающем этапе выращивания концентрация обменной энергии в комбикорме и сырой протеин составили 314 ккал/100 г комбикорма и 19,51 %; преимущество в живой массе имела птица I опытной группы. В сравнении с контрольной группой абсолютный и среднесуточный прирост у нее был выше

на 5,0 % ( $P \leq 0,05$ ), в то время как во II и III группах разница составила только 3,4 и 1,5 %. Проведенный учет потребленного корма птицей показал, что по фазам продуктивного цикла она потребляла 29,9; 89,5; 159,4 и 193,75 г соответственно.

Преимущество в росте и развитии цыплят-бройлеров I опытной группы в сравнении с аналогами контрольной и других опытных групп можно определить за счет разницы в переваримости питательных веществ рациона под влиянием изучаемой кормовой добавки.

Коэффициенты переваримости основных пластических веществ (протеина и жира), влияющих на развитие и формирование организма птицы, представлены на рисунках 1, 2.

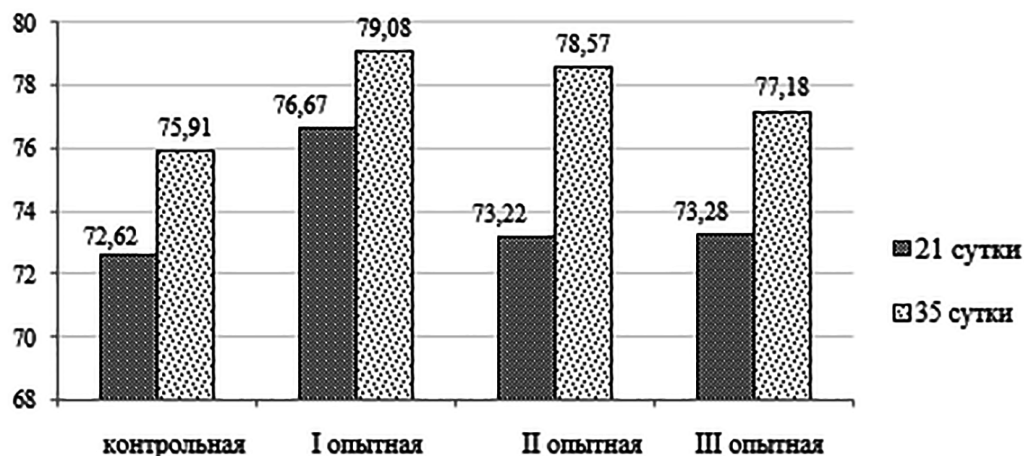


Рисунок 1 – Переваримость сырого протеина рациона цыплят-бройлеров, %  
 Figure 1 – Digestibility of crude protein in broiler chicken diet, %

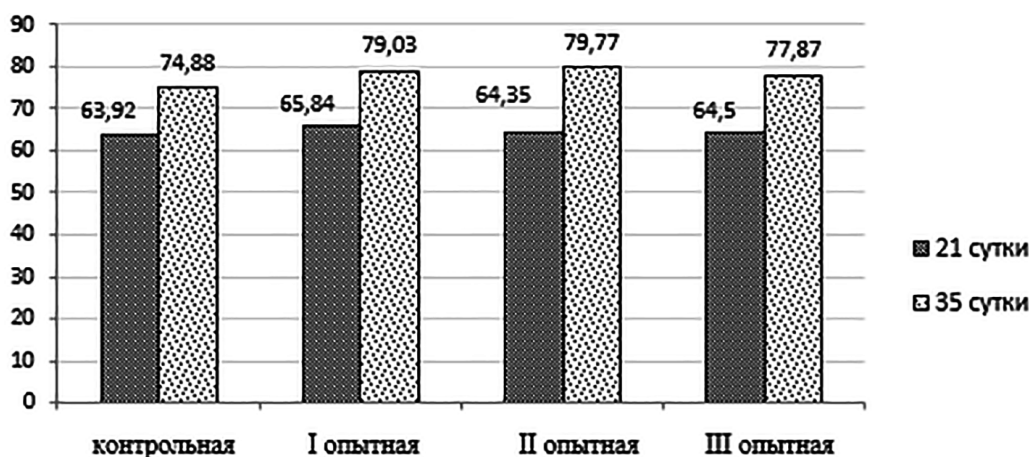


Рисунок 2 – Переваримость сырого жира рациона цыплят-бройлеров, %  
 Figure 2 – Digestibility of crude fat in broiler chicken diet, %

У растущей птицы в возрасте трех недель наибольшая переваримость сырого протеина наблюдалась в I опытной группе и превосходила аналогов контрольной на 4,05 %, а при завершении периода выращивания на 3,17 % ( $P \leq 0,001$ ). При этом с повышением дозировки изучаемой кормовой добавки в рационе птицы II и III опытных групп различие по данному показателю было менее выражено и составило 0,6 ( $P \leq 0,01$ ) и 2,66 %; 0,66 и 1,27 % соответственно.

С возрастом цыплят-бройлеров переваримость сырого жира рациона увеличилась (рис. 2). При этом в трехнедельном возрасте превосходство имела I опытная группа (1,92 %); при достижении пятинедельного возраста – II и III опытные группы, у которых различия с аналогами контрольной группы составили 4,69 и 2,99 %.

Кормовая добавка березового гриба не оказала отрицательного влияния на переваримость сырой клетчатки рациона. В раннем возрасте птицы ее переваримость была на уровне 15,87–17,99 %, на завершающем этапе выращивания – 20,51–23,62 %.

Учитывая значение азотистых веществ для полноценного питания и развития живого организма в процессе онтогенеза, проведенный расчет баланса азота показал (рис. 3), что преимущество в его среднесуточном отложении в теле птицы было у бройлеров I опытной группы.

Так, в трехнедельном возрасте в их теле откладывалось азота больше на 0,35 г, в пятинедельном – на 0,17 г (на 16,1 и 5,1 %

соответственно). При этом у птицы II опытной группы различие составило 3,2 и 2,1 %, III опытной группы – 2,3 и 0,6 % соответственно.

Конверсия питательных веществ в тело развивающегося организма цыплят-бройлеров отразилась на мясной продуктивности, оценка которой представлена в таблице 2.

Выращивание цыплят-бройлеров с низкой дозировкой изучаемой кормовой добавки позволило увеличить убойный выход тушки на 2,66 %, со средней дозировкой – на 1,33 % и с высокой дозировкой – на 1,12 %.

Использование отвара березового гриба в рационе птицы опытных групп стимулировало развитие основных тканей, входящих в группу «съедобные части», и особенно мышечную ткань. При этом наибольший удельный вес ее в тушке птицы отмечен в I и II опытных группах с разницей относительно контрольной на 0,97 и 1,40 %, что, в свою очередь, повлияло на отношение съедобных к несъедобным частям тушки бройлеров и на мясокостный индекс, который в данных группах был самым высоким и составил 3,39 и 3,27 против 2,88 и 2,91 соответственно в контрольной группе и в III опытной группе.

Проведенный сравнительный анализ степени развития мышечной ткани в отдельных частях тушки цыплят-бройлеров (табл. 3) показал, что в абсолютном отношении кормовая добавка чаги увеличила ее синтез в грудной мышце, голени,

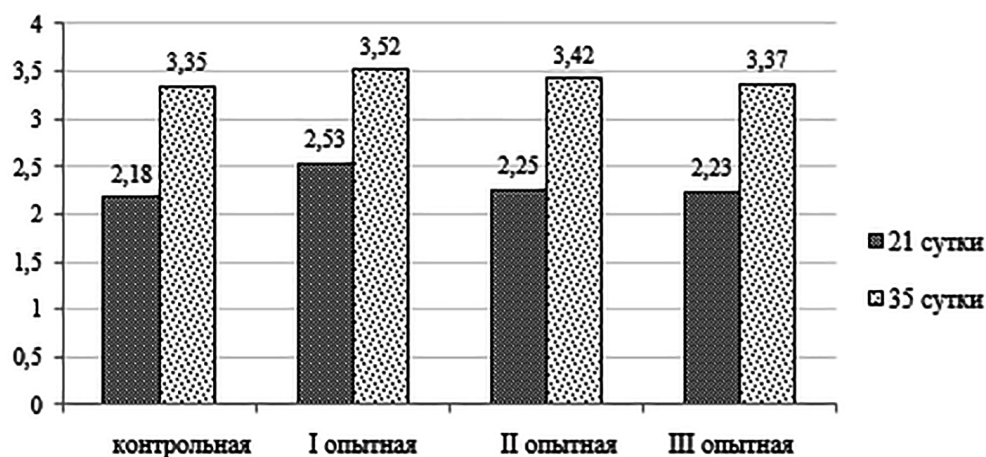


Рисунок 3 – Среднесуточное отложение азота в теле цыплят-бройлеров, г  
Figure 3 – Average daily nitrogen deposition in the body of broiler chickens, g

**Таблица 2 – Мясная продуктивность цыплят-бройлеров ( $X \pm m_x$ )**  
**Table 2 – Meat productivity of broiler chickens ( $X \pm m_x$ )**

| Показатели                               | Группы         |                  |                |                |
|--|----------------|------------------|----------------|----------------|
|  | контрольная    | I опытная        | II опытная     | III опытная    |
| Предубойная живая масса, г               | 2 320,00±53,46 | 2 400,67±25,33   | 2 363,67±4,84  | 2 321,33±5,70  |
| Масса потрошенной тушки, г               | 1 666,35±24,92 | 1 788,84±21,22** | 1 729,68±21,71 | 1 693,92±10,18 |
| Убойный выход, %                         | 71,85          | 74,51            | 73,18          | 72,97          |
| Содержание в тушке, %:                   |                |                  |                |                |
| мышечной ткани                           | 63,21          | 64,18            | 64,61          | 63,36          |
| кожи с подкожным жиром                   | 13,52          | 14,57            | 13,81          | 12,64          |
| костной ткани                            | 21,92          | 18,94            | 19,75          | 21,74          |
| абдоминального жира                      | 1,35           | 2,31             | 1,83           | 2,26           |
| Отношение съедобных частей к несъедобным | 2,32           | 2,62             | 2,62           | 2,41           |
| Мясокостный индекс                       | 2,88           | 3,39             | 3,27           | 2,91           |
| Калорийность 100 г мяса, кДж             | 457,25±0,84    | 462,97±0,12***   | 456,97±1,02    | 460,33±0,83*   |

**Таблица 3 – Степень развития мышечной ткани в тушке цыплят-бройлеров ( $X \pm m_x$ )**  
**Table 3 – Degree of muscle tissue development in the carcass of broiler chickens ( $X \pm m_x$ )**

| Показатели                     | Группы        |                  |                  |                |
|--------------------------------|---------------|------------------|------------------|----------------|
|                                | контрольная   | I опытная        | II опытная       | III опытная    |
| Грудка, г                      | 497,07±2,54   | 532,27±1,76***   | 527,93±1,51***   | 521,22±1,77*** |
| в % от массы потрошенной тушки | 29,89         | 29,75            | 30,52            | 30,77          |
| Бедро, г                       | 213,00±2,34   | 221,23±1,91      | 215,66±1,62      | 197,56±0,32*** |
| в % от массы потрошенной тушки | 12,78         | 12,37            | 12,47            | 11,66          |
| Голень, г                      | 139,30±0,98   | 160,26±1,84***   | 164,85±1,53***   | 159,38±1,08*** |
| в % от массы потрошенной тушки | 8,36          | 8,96             | 9,53             | 9,41           |
| Каркас, г                      | 109,49±1,33   | 151,81±1,79***   | 121,58±1,37***   | 111,75±1,19*** |
| в % от массы потрошенной тушки | 6,57          | 8,49             | 7,03             | 6,60           |
| Крылья, г                      | 94,46±1,52    | 82,52±1,03***    | 87,54±1,45*      | 83,28±0,26***  |
| в % от массы потрошенной тушки | 5,67          | 4,61             | 5,06             | 4,92           |
| Мышечная ткань, всего, г       | 1 053,32±7,90 | 1 148,09±8,34*** | 1 117,56±4,24*** | 1 073,19±3,98* |



каркасе, в меньшей степени – в крыльях и бедренной группе мышц, но в относительном выражении эти изменения были незначительными.

Оценка экономической эффективности проведенных исследований подтвердила целесообразность использования низкой дозировки изучаемой кормовой добавки в сравнении со средней и высокой дозировками (табл. 4).

В данной группе затраты корма на единицу прироста живой массы снизились на 4,7 %, тогда как во II и III группах на 3,3 и 1,5 %. При этом индекс эффективности производства мяса в I опытной группе превосходил контрольную на 12, а европейский индекс эффективности на 36 единиц. В других опытных группах различие было менее выражено.

Расчет оплаты корма продукцией в натуральном и стоимостном выражении также подтвердил эффективность использования низкой дозировки чаги в рационе птицы. В сравнении с контрольной группой превосходство в I опытной группе составило 4,9 %; во II и III группах – 3,3–3,4 и 1,4–1,5 % соответственно.

Учет общих затрат на производство мяса цыплят-бройлеров и полученная прибыль позволили оценить рентабельность выращивания птицы, которая в I опытной группе в сравнении с контрольной была выше на 2,4 %, во II и III опытных группах на 0,7 и 0,3 % соответственно.

Эффективность использования фитобиотиков была ранее доказана в исследованиях О. А. Багно с соавторами относительно применения экстракта рябины в рационе кур-несушек [9]; А. Ю. Загариным с соавторами по включению экстракта сладкого каштана в рацион цыплят-бройлеров [10]; Т. Н. Ленковой по использованию муки расторопши в рецептуре бройлеров [11]; Ю. А. Чурсиновым с соавторами по производству сока из белковых кормовых культур на кормовые цели [12].

Данные исследования подтверждают положительный эффект фитоэкстрактов зеленых растений на обменные процессы в организме сельскохозяйственных животных и птицы, повышения защитных сил организма и конверсии корма, увеличения рентабельности производства.

**Таблица 4 – Экономическая эффективность проведенных исследований (в целом по группе)**

**Table 4 – Economic efficiency of the conducted studies (in general for the group)**

| Показатели                              | Группы      |           |            |             |
|---|-------------|-----------|------------|-------------|
|   | контрольная | I опытная | II опытная | III опытная |
| Получено прироста живой массы, кг       | 80,05       | 84,00     | 82,74      | 81,27       |
| Затрачено на 1 кг прироста:             |             |           |            |             |
| комбикорма, кг                          | 1,71        | 1,63      | 1,66       | 1,69        |
| обменной энергии, МДж                   | 22,21       | 21,16     | 21,49      | 21,87       |
| сырого протеина, г                      | 350         | 333       | 338        | 344         |
| Индекс эффективности производства мяса  | 136         | 148       | 142        | 139         |
| Европейский индекс эффективности        | 359         | 395       | 382        | 369         |
| Произведено живой массы (кг) на каждые: |             |           |            |             |
| скормленные 100 кг корма                | 58,37       | 61,26     | 60,34      | 59,26       |
| в % к контрольной группе                | 100,0       | 104,9     | 103,4      | 101,5       |
| 1 000 руб. корма                        | 16,75       | 17,56     | 17,29      | 16,97       |
| в % к контрольной группе                | 100,0       | 104,9     | 103,3      | 101,4       |
| Рентабельность производства, %          | 24,4        | 26,8      | 25,3       | 24,7        |

**Заключение.** Кормовая добавка березового гриба (чага) в рационе цыплят-бройлеров способствует повышению переваримости питательных веществ корма, ретенции азотистых веществ в тело. Она положительно влияет на показатели мясной продуктивности птицы, рентабельность производства.

При этом наиболее эффективной является норма ввода сухого гриба в объеме 20 мг на килограмм живой массы бройлеров путем нанесения 5,0 % отвара чаги на суточную норму комбикорма с последующим высушиванием до исходной влажности.

### Список источников

1. Федотов В. А., Никитченко В. Е., Никитченко Д. В., Егоров И. А., Егорова Т. В. Фитобиотик в кормлении птицы // Птицеводство. 2018. № 8. С. 33–37. EDN YNJURF.
2. Петруша Ю. К., Лебедев С. В., Гречкина В. В. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственной птицы (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 1. С. 103–118. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-103>.
3. Wei S., Morrison M., Yu Z. Bacterial census of poultry intestinal microbiome // Poultry Science. 2013. Vol. 92. No. 3. P. 671–683. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02822>.
4. Swaggerty C. L., Bortoluzzi C., Lee A., Eying C., Pont G. D., Kogut M. H. Potential replacements for antibiotic growth promoters in poultry: interactions at the gut level and their impact on host immunity // Advances in Experimental Medicine and Biology. 2022. Vol. 1354. P. 145–159. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-85686-1-8>.
5. Кузнецова О. Ю. Обзор современных препаратов с биологически активными композициями березового гриба чага // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2016. Т. 14. № 1. С. 128–141. EDN WBODNH.
6. Федосеева Г. М. О применении чаги в медицинской практике // Байкальский медицинский журнал. 2004. № 8. С. 66–69.
7. Кавтарашвили А., Карапетян Р., Голубов И. Экспресс-методики определения эффективности производства яиц и мяса птицы // Птицеводство. 2013. № 2. С. 12–17. EDN PXJQCS.
8. Замыслов И. Н. Экономическая оценка отраслей животноводства. М. : Колос, 1973, 158 с.
9. Багно О. А. Эффективность использования экстракта рябины обыкновенной в кормлении кур-несушек // Птицеводство. 2022. № 4. С. 11–15. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-4-11-15>.
10. Загарин А. Ю., Буряков Н. П., Заикина А. С., Бурякова М. А., Шабан М. Биохимический состав крови цыплят-бройлеров при скармливании экстракта из древесины сладкого каштана // Птицеводство. 2022. № 4. С. 57–63. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-4-57-63>.
11. Ленкова Т. Н., Гусева И. И. Влияние гепатопротекторов на состояние печени бройлеров // Птицеводство. 2022. № 9. С. 35–39. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-9-35-39>.
12. Чурсинов Ю. А., Ковалева Е. С., Калина В. С., Мыколенко С. Ю., Хомык Н. И. Технология производства биологически активных фитокормовых добавок из сока зеленых растений // Птицеводство. 2019. № 9–10. С. 51–57. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-9-10-51-57>.

### References

1. Fedotov V. A., Nikitchenko V. E., Nikitchenko D. V., Egorov I. A., Egorova T. V. Phytobiotic for poultry nutrition. *Ptitsevodstvo*, 2018;8:33–37. EDN YNJURF (in Russ.).

2. Petrusha Yu. K., Lebedev S. V., Grechkina V. V. Phytobiotics in poultry feeding (review). *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2022;105;1:103–118. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-1-103> (in Russ.).
3. Wei S., Morrison M., Yu Z. Bacterial census of poultry intestinal microbiome. *Poultry Science*, 2013;92;3:671–683. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02822>.
4. Swaggerty C. L., Bortoluzzi C., Lee A., Eyng C., Pont G. D., Kogut M. H. Potential replacements for antibiotic growth promoters in poultry: interactions at the gut level and their impact on host immunity. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 2022;1354:145–159. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-85686-1-8>.
5. Kuznetsova O. Yu. Review of modern advanced medicinal products containing the biologically active components of chaga mushroom birch. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2016;14;1:128–141. EDN WBODHH (in Russ.).
6. Fedoseeva G. M. On the use of chaga in medical practice. *Baykal'skiy meditsinskiy zhurnal*, 2004;8:66–69 (in Russ.).
7. Kavtarashvili A., Karapetyan R., Golubov I. Express methods of efficiency evaluation for egg and meat production. *Ptitsevodstvo*, 2013;2:12–17. EDN PXJQCJ (in Russ.).
8. Zamyslov I. N. *Economic assessment of livestock industries*, Moscow, Kolos, 1973, 158 p. (in Russ.).
9. Bagno O. A. Efficiency of using rowan extract in feeding laying hens. *Ptitsevodstvo*, 2022;4:11–15. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-4-11-15> (in Russ.).
10. Zagarin A. Yu., Buryakov N. P., Zaikina A. S., Buryakova M. A., Shaban M. Biochemical parameters of blood serum in broilers fed different doses of the extract of sweet chestnut. *Ptitsevodstvo*, 2022;4:57–63. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-4-57-63> (in Russ.).
11. Lenkova T. N., Guseva I. I. The effect of hepatoprotectors on the liver condition of broilers. *Ptitsevodstvo*, 2022;9:35–39. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-9-35-39> (in Russ.).
12. Chursinov Yu. A., Kovaleva E. S., Kalina V. S., Mykolenko S. Yu., Khomyk N. I. The technology of biologically active feed phytoadditives based on the juices of the green herbs. *Ptitsevodstvo*, 2019;9–10:51–57. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-9-10-51-57> (in Russ.).

© Овчинников А. А., Шепелева Т. А., Ростова О. В., 2024

Статья поступила в редакцию 22.08.2024; одобрена после рецензирования 09.09.2024; принята к публикации 12.09.2024.

The article was submitted 22.08.2024; approved after reviewing 09.09.2024; accepted for publication 12.09.2024.

### Информация об авторах

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

**Шепелева Татьяна Анатольевна**, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры птицеводства, Южно-Уральский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9880-3693>, Author ID: 765855, [tanya.chepeleva@mail.ru](mailto:tanya.chepeleva@mail.ru);

**Ростова Оксана Владимировна**, аспирант, Южно-Уральский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4871-9887>, Author ID: 1247050, [dns\\_1975@mail.ru](mailto:dns_1975@mail.ru)

**Information about the authors**

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

**Tatyana A. Shepeleva**, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of Department of Poultry Farming, South Ural State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9880-3693>, Author ID: 765855, [tanya.chepeleva@mail.ru](mailto:tanya.chepeleva@mail.ru);

**Oksana V. Rostova**, Postgraduate Student, South Ural State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4871-9887>, Author ID: 1247050, [dns\\_1975@mail.ru](mailto:dns_1975@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 636.52/.58.087.7:619:616-07

EDN UBJZMC

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-84-93>

### Морфо-биохимические и иммунологические показатели крови цыплят-бройлеров, получавших в рационе фитобиотик и пребиотик

Александр Александрович Овчинников<sup>1</sup>, Татьяна Анатольевна Шепелева<sup>2</sup>, Наталья Дмитриевна Яптик<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Южно-Уральский государственный аграрный университет

Челябинская область, Троицк, Россия

<sup>1</sup> [ovchin@bk.ru](mailto:ovchin@bk.ru)

**Аннотация.** Установлено, что кормовые добавки цикория в дозе 70 мг/кг и молочной кислоты – 0,5 мл/кг живой массы цыплят-бройлеров, при отдельном и совместном их включении в рацион птицы положительно влияют на переваримость и использование питательных веществ рациона. Доказан стимулирующий эффект кормовых добавок на обмен веществ в организме бройлеров, повышение окислительно-восстановительных процессов за счет увеличенного гемопоеза и числа эритроцитов. Установлено, что опытные группы превосходили контрольную по числу эритроцитов на 20,4–37,5 % при добавке цикория, на 8,8–35,2 % при добавке молочной кислотой и на 10,3–34,8 % при их совместном использовании. Подтверждено, что наиболее активный транспорт липидов в организме птицы на метаболические процессы за период выращивания наблюдался в группе бройлеров, получавших один цикорий и обе кормовые добавки. В сравнении с контрольной группой разница составила 18,9–32,9 и 2,8–19,2 % соответственно. Определено, что концентрация амилазы и липазы в сыворотке крови бройлеров в процессе их выращивания изменяется в зависимости от состава комбикорма и функционального состояния печени под влиянием кормовых добавок. Проведено сравнение лейкоцитарного профиля крови птицы, показавшего повышение уровня лимфоцитов и моноцитов в группе бройлеров с использованием одного цикория и в комплексе с молочной кислотой. Установлено, что комплекс фитобиотика с молочной кислотой в большей степени стимулирует поствакцинальный иммунитет в организме птицы к инфекционной бурсальной болезни, а добавка молочной кислоты – к инфекционному бронхиту кур.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, кормовая добавка, фитобиотик, пребиотик, морфология крови, биохимия крови, иммунология

**Для цитирования:** Овчинников А. А., Шепелева Т. А., Яптик Н. Д. Морфо-биохимические и иммунологические показатели крови цыплят-бройлеров, получавших в рационе фитобиотик и пребиотик // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 84–93. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-84-93>.

Original article

### Morpho-biochemical and immunological blood parameters of broiler chickens fed with phytobiotic and prebiotic

Alexander A. Ovchinnikov<sup>1</sup>, Tatyana A. Shepeleva<sup>2</sup>, Natalya D. Yaptik<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk region, Troitsk, Russian Federation

<sup>1</sup> [ovchin@bk.ru](mailto:ovchin@bk.ru)

**Abstract.** It has been established that chicory feed additive at a dose of 70 mg/kg and lactic acid – 0.5 ml/kg of live weight of broiler chickens, with separate and joint inclusion in the diet of poultry has a positive effect on the digestibility and use of nutrients in the diet. The stimulating

effect of feed additives on metabolism in the body of broilers, an increase in oxidation-reduction processes due to increased hematopoiesis and the number of erythrocytes has been proven. It was calculated that the experimental groups exceeded the control group in the number of erythrocytes by 20.4–37.5% with the addition of chicory, by 8.8–35.2% with lactic acid and by 10.3–34.8% with their joint use. It was confirmed that the most active transport of lipids in the bird's body for metabolic processes during the growing period was observed in the group of broilers receiving only chicory and both feed additives. Compared with the control group, the difference was 18.9–32.9 and 2.8–19.2%, respectively. It was found that the concentration of amylase and lipase in the blood serum of broilers during their growth changed depending on the composition of the compound feed and the functional state of the liver under the influence of feed additives. A comparison was made of the leukocyte profile of bird's blood, which showed an increase in the level of lymphocytes and monocytes in the broiler group using chicory alone and in combination with lactic acid. It was found that the phytobiotic complex with lactic acid stimulated post-vaccination immunity in the bird's body to a greater extent to infectious bursal disease, while the addition of lactic acid stimulates infectious bronchitis in chickens.

**Keywords:** broiler chickens, feed additive, phytobiotic, prebiotic, blood morphology, blood biochemistry, immunology

**For citation:** Ovchinnikov A. A., Shepeleva T. A., Yaptik N. D. Morpho-biochemical and immunological blood parameters of broiler chickens fed with phytobiotic and prebiotic. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;3:84–93. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-84-93>.

**Введение.** Одним из объективных методов оценки физиологического состояния организма сельскохозяйственных животных и птицы является исследование крови на содержание в ней форменных элементов, а также отдельных метаболитов обмена веществ, характеризующих степень защитных сил организма, полноту переваривания и усвоения питательных веществ рациона, состояние органов и систем.

Биохимический состав крови способен быстро изменяться под влиянием биологически активных веществ, содержащихся в кормах, экзоферментов протео-, липо- и амилаолитического действия, бактериальных добавок и пребиотиков [1, 2]. Фитобиотики, включенные в рацион птицы, способны оказать стимулирующее действие на эритропоэтическую функцию организма, повысить количество иммунокомпетентных клеток, увеличить окислительно-восстановительные процессы и обеспечить организм дефицитными биогенными микроэлементами [3–5].

Фитобиотики широко используются в составе комплексных кормовых добавок полифункционального действия, в частности с пробиотиками и органическими кислотами, нормализующих микробиом кишечника, повышающих переваримость и использование питательных веществ ра-

циона сельскохозяйственных животных и птицы [6, 7].

Одним из перспективных растений, произрастающим во многих природно-климатических зонах страны, является цикорий (*Cichorium*).

**Цель исследований** – сравнить морфологические, отдельные биохимические и иммунологические показатели крови цыплят-бройлеров при использовании в рационе кормовой добавки цикория и молочной кислоты отдельно, а также при их совместном применении.

**Условия, объекты и методика исследований.** Научно-хозяйственный опыт был проведен в условиях ООО «Магнитогорский мясоперерабатывающий комплекс» на четырех группах цыплят-бройлеров кросса «Росс-308», по 35 голов в каждой.

На фоне основного рациона кормления птица I опытной группы получала цикорий в дозировке 70 мг/кг живой массы, II опытной группы – молочную кислоту в дозе 0,5 мл/кг массы тела, III опытной группы – цикорий и молочную кислоту в аналогичной дозировке.

Цикорий вводился в рацион птицы в виде 5,0 % отвара, а молочная кислота в форме 2,0 % водного раствора с последующим нанесением на суточную норму

корма и высушиванием до первоначальной влажности комбикорма.

Кровь для исследования брали у трех цыплят-бройлеров в каждой группе из подкрыльцовой вены в трех- и шестинедельном возрасте после завершения балансового опыта, по результатам которого были рассчитаны коэффициенты переваримости питательных веществ рациона. В биологическом материале определяли общие морфологические показатели, а также видовой состав лейкоцитов; из биохимических показателей изучали отдельные метаболиты белкового, углеводного и липидного обмена, активность ферментов липазы и амилазы.

В целях выяснения влияния цикория и молочной кислоты на клеточный иммунитет птицы в крови, у пяти голов из каждой группы определяли титр антител методом иммуноферментного анализа.

Исследования проводили в межкафедральной лаборатории института ветеринарной медицины Южно-Уральского государственного аграрного университета и биохимической лаборатории птицефабрики. При проведении исследований руководствовались методическими рекомендациями ВНИТИП по организации и проведению научных экспериментов [8], а также общепринятыми методиками био-

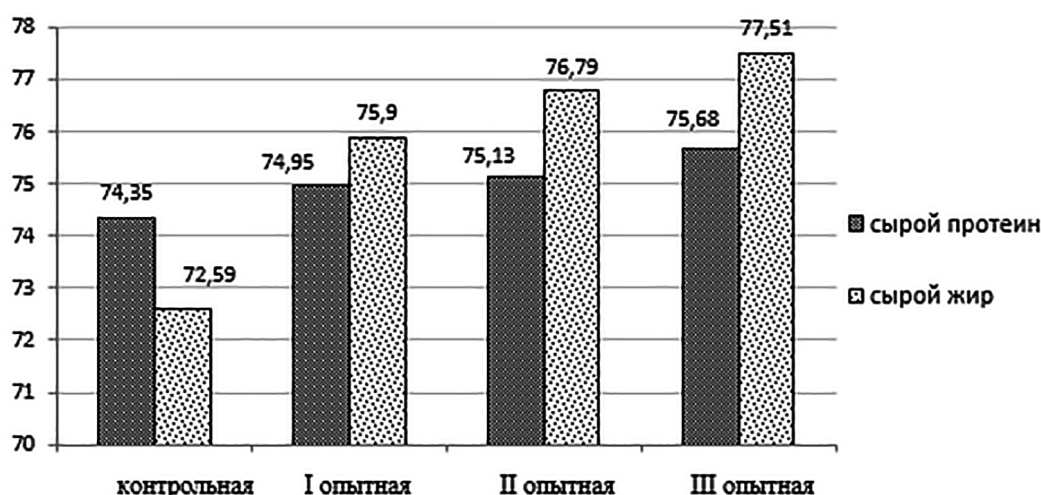
химических и иммунологических исследований биологического материала.

Полученные данные обрабатывали биометрически, достоверную разницу считали при  $P \leq 0,05$ .

**Результаты исследований и их обсуждение.** Подготовка к перевариванию питательных веществ корма у птицы начинается уже в верхних отделах желудочно-кишечного тракта под влиянием микрофлоры, населяющей его, а также ферментов собственного организма и экзоферментов, включенных в состав рецептуры полнорационного комбикорма. Основной гидролиз органической части корма происходит в тонком кишечнике, где простые формы белков, жиров и углеводов всасываются в кровь. Поэтому от степени их переваримости зависит уровень поступивших метаболитов в кровь.

Проведенный балансовый опыт на цыплятах-бройлерах в период интенсивного их роста и развития показал (рис. 1), что переваримость основных пластических веществ органической части корма (протеина и липидов) была на достаточно высоком уровне и имела тенденцию повышения в опытных группах.

При этом наибольшая разница в коэффициенте переваримости сырого протеина и жира отмечена в III опытной группе.



**Рисунок 1 – Коэффициенты переваримости сырого протеина и жира рациона цыплят-бройлеров, %**

**Figure 1 – Digestibility coefficients of crude protein and fat in the diet of broiler chickens, %**

По данным показателям она превосходила контрольную группу на 1,33 и 4,92 %.

Однако в крови бройлеров опытных групп (табл. 1) содержание общего белка незначительно превысило контрольную группу. При этом лучшее использование поступивших в кровь азотистых веществ наблюдалось у бройлеров II опытной группы, у которых содержание мочевины в крови было меньше на 8,9 % ( $P \leq 0,05$ ), а альбуминов выше контрольной группы на 3,33 % ( $P \leq 0,05$ ).

Если добавка одной молочной кислоты не оказала влияние на уровень глюкозы в цельной крови, то использование цикория отдельно и совместно с молочной кислотой снизили ее уровень на 5,4–10,0 %

( $P \leq 0,01$ ). Применение двух кормовых добавок активизировало в организме птицы энергетический обмен, что подтверждается понижением креатинина на 25,5 % ( $P \leq 0,01$ ).

Общие липиды в крови птицы первых трех групп были практически на одном уровне, в то же время в III опытной группе их количество увеличилось на 6,4 % ( $P \leq 0,05$ ), бета-липопротеидов – на 2,8 % ( $P \leq 0,001$ ).

Цикорий и молочная кислота при отдельном и совместном использовании активизировали в организме птицы эритропоэз и окислительно-восстановительные процессы (табл. 2), за счет количественного увеличения в цельной крови гемоглоби-

**Таблица 1 – Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров (24 сутки) ( $X \pm m_x$ )**

**Table 1 – Biochemical parameters of blood of broiler chickens (24 days) ( $X \pm m_x$ )**

| Показатели          | Группы      |                |                |                |
|---------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
|                     | контрольная | I опытная      | II опытная     | III опытная    |
| Гемоглобин, г/л     | 92,67±3,76  | 118,00±1,15*** | 108,00±1,15*** | 114,50±2,02*** |
| Общий белок, г/л    | 39,83±0,54  | 40,37±0,26     | 40,20±0,64     | 40,80±0,06     |
| Альбумины, %        | 19,47±1,13  | 19,47±0,09     | 22,90±0,01*    | 19,47±0,38     |
| Мочевина, ммоль/л   | 1,12±0,01   | 1,20±0,06      | 1,02±0,03***   | 1,16±0,02      |
| Глюкоза, ммоль/л    | 14,37±0,15  | 13,60±0,12**   | 14,57±0,38     | 12,93±0,32**   |
| Креатинин, мкмоль/л | 38,77±0,55  | 36,50±0,35     | 38,50±0,17     | 28,90±0,12***  |
| Общие липиды, г/л   | 5,51±0,13   | 5,62±0,16      | 5,59±0,27      | 5,86±0,07*     |
| β-липопротеиды, мг% | 228,37±0,61 | 225,77±1,82    | 218,90±0,87*** | 234,77±0,32*** |
| Кальций, ммоль/л    | 3,58±0,05   | 3,51±0,03      | 3,28±0,07*     | 3,29±0,08*     |
| Фосфор, ммоль/л     | 2,58±0,15   | 2,30±0,06      | 2,58±0,08      | 2,42±0,01      |

**Таблица 2 – Морфологические показатели и лейкоформула крови цыплят-бройлеров (24 сутки) ( $X \pm m_x$ )**

**Table 2 – Morphological indices and leukocyte formula of blood of broiler chickens (24 days) ( $X \pm m_x$ )**

| Показатели              | Группы      |              |            |             |
|-------------------------|-------------|--------------|------------|-------------|
|                         | контрольная | I опытная    | II опытная | III опытная |
| Эритроциты, $10^{12}/л$ | 3,19±0,01   | 3,84±0,09*** | 3,47±0,15  | 3,52±0,09** |
| Лейкоциты, $10^9/л$     | 27,50±0,87  | 24,00±0,58*  | 28,00±0,58 | 24,67±0,88  |
| В том числе, %:         |             |              |            |             |
| лимфоциты               | 37,0        | 52,5         | 44,5       | 52,5        |
| моноциты                | 5,5         | 9,5          | 5,5        | 7,0         |
| эозинофилы              | 4,5         | 2,5          | 4,5        | 2,5         |
| базофилы                | 0           | 0            | 0,5        | 0,5         |
| нейтрофилы              | 53,0        | 35,5         | 45,0       | 37,5        |



на на 16,5–27,3 % ( $P \leq 0,001$ ) и эритроцитов на 8,8–20,4 % ( $P \leq 0,01-0,001$ ).

Имеющееся различие в численности лейкоцитов в крови подопытной птицы свидетельствует, что добавка цикория отдельно и совместно с молочной кислотой в сравнении с контрольной группой повысила число лимфоцитов на 17,5 %, моноцитов – на 4,0 и 1,5 % соответственно.

Повторное изучение переваримости питательных веществ в организме цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток пока-

зало (рис. 2), что у птицы I и III опытных групп в сравнении с контрольной переваримость сырого протеина была выше на 1,49 и 2,37 %, сырого жира – на 4,24 и 5,28 % соответственно.

Данное различие не отразилось на уровне общего белка в крови птицы и его использовании на анаболические процессы (табл. 3).

В то же время общие липиды достоверно увеличились только в III группе на 7,0 % ( $P \leq 0,001$ ), а их транспорт во всех

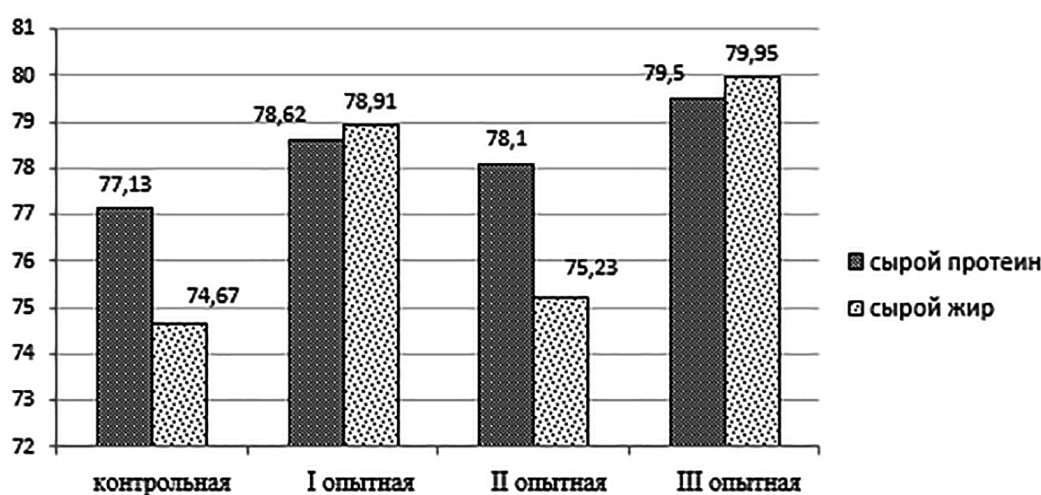


Рисунок 2 – Коэффициенты переваримости сырого протеина и жира рациона цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток, %

Figure 2 – Digestibility coefficients of crude protein and fat in the diet of broiler chickens aged 42 days, %

Таблица 3 – Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров (42 сутки) ( $X \pm m_x$ )  
Table 3 – Biochemical parameters of blood of broiler chickens (42 days) ( $X \pm m_x$ )

| Показатели          | Группы      |                 |                |                |
|---------------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|
|                     | контрольная | I опытная       | II опытная     | III опытная    |
| Гемоглобин, г/л     | 88,00±3,23  | 121,00±1,15***  | 119,00±5,20*** | 118,67±1,45*** |
| Общий белок, г/л    | 40,65±1,13  | 41,60±0,58      | 39,67±0,55     | 41,67±0,55     |
| Альбумины, %        | 20,00±1,15  | 20,20±0,58      | 23,09±0,76     | 18,37±0,32     |
| Мочевина, ммоль/л   | 1,09±0,04   | 1,16±0,08       | 1,00±0,01      | 1,15±0,03      |
| Глюкоза, ммоль/л    | 13,30±0,06  | 13,80±0,81      | 14,00±0,12     | 12,70±0,40     |
| Креатинин, мкмоль/л | 34,30±1,15  | 34,30±0,58      | 34,30±1,15     | 25,67±1,65***  |
| Общие липиды, г/л   | 5,58±0,05   | 5,74±0,39       | 5,40±0,11      | 5,97±0,06***   |
| β-липопротеиды, мг% | 200,20±2,02 | 266,00±11,09*** | 215,35±3,38*   | 238,67±0,66*** |
| Кальций, ммоль/л    | 3,49±0,04   | 3,42±0,08       | 3,36±0,04      | 3,29±0,08      |
| Фосфор, ммоль/л     | 2,51±0,12   | 2,48±0,13       | 2,48±0,09      | 2,56±0,08      |

опытных группах был выше контрольной: на 33,0 % в I группе, на 7,5 % во II группе и на 19,3 % в III группе ( $P \leq 0,05-0,001$ ).

Совместное использование двух кормовых добавок в большей степени оказало влияние на энергетический обмен, о чем свидетельствует снижение на 4,5 % уровня глюкозы и на 25,2 % креатинина ( $P \leq 0,001$ ).

На протяжении всего периода выращивания цыплят-бройлеров комплексное применение изучаемых кормовых добавок не оказало заметного влияния на минеральный обмен и, в частности, на содержание в крови кальция и фосфора.

Однако на клеточном уровне обменные процессы в организме птицы опытных групп протекали намного интенсивнее, что подтверждает повышенный уровень гемоглобина в крови и численность эритроцитов в единице ее объема (табл. 4).

В сравнении с контрольной группой эритроцитов у бройлеров I группы было больше на 18,6 % ( $P \leq 0,01$ ), II группы на 11,6 % ( $P \leq 0,05$ ), III группы на 14,0 % ( $P \leq 0,01$ ). В то же время количество лейкоцитов в данных группах снизилось на 3,9–13,7 % ( $P \leq 0,05$ ). Однако при этом число лимфоцитов в I и III опытных группах в сравнении с контрольной увеличилось на 17,5 %, моноцитов – на 1,5–2,5 %.

Изучение содержания ферментов в крови подопытной птицы (табл. 5) свидетельствует, что их уровень во многом зависит от состава полнорационного комбикорма, используемого по периодам выращивания, а также от биологического действия фитобиотика и пребиотика.

В трехнедельном возрасте содержание альфа-амилазы в сыворотке крови двух лучших по продуктивности группах цыплят-бройлеров (I и III опытная) было

**Таблица 4 – Морфологические показатели и лейкоформула крови цыплят-бройлеров в шестинедельном возрасте ( $X \pm m_x$ )**

**Table 4 – Morphological indices and leukocyte formula of blood of broiler chickens at age of six weeks of ( $X \pm m_x$ )**

| Показатели              | Группы      |             |            |             |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|
|                         | контрольная | I опытная   | II опытная | III опытная |
| Эритроциты, $10^{12}/л$ | 3,44±0,14   | 4,08±0,05** | 3,84±0,09* | 3,92±0,14** |
| Лейкоциты, $10^9/л$     | 25,50±0,29  | 22,00±0,58* | 24,50±0,87 | 23,00±1,15  |
| В том числе, %:         |             |             |            |             |
| лимфоциты               | 37,0        | 54,5        | 38,0       | 54,5        |
| моноциты                | 6,0         | 8,5         | 6,0        | 7,5         |
| эозинофилы              | 4,5         | 1,5         | 2,5        | 2,0         |
| базофилы                | 0           | 0,5         | 0          | 0           |
| нейтрофилы              | 52,5        | 35,0        | 53,5       | 36,0        |

**Таблица 5 – Содержание ферментов в крови цыплят-бройлеров ( $X \pm m_x$ )**

**Table 5 – Enzyme content in blood of broiler chickens ( $X \pm m_x$ )**

| Показатели                 | Группы        |               |               |               |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                            | контрольная   | I опытная     | II опытная    | III опытная   |
| <i>В возрасте 24 суток</i> |               |               |               |               |
| Альфа-амилаза, Ед./л       | 755,50±358,50 | 763,50±43,5   | 559,50±44,50  | 777,00±220,00 |
| Липаза, Ед./л              | 43,50±19,5    | 21,50±1,50    | 18,50±1,50    | 24,50±2,50    |
| <i>В возрасте 42 суток</i> |               |               |               |               |
| Альфа-амилаза, Ед./л       | 650,00±15,00  | 585,50±54,50  | 671,00±115,00 | 741,50±68,50  |
| Липаза, Ед./л              | 6,00±1,50     | 12,00±2,00*** | 11,50±1,50*** | 14,00±1,00*** |

практически одинаковым. На заключительном этапе ее уровень в III группе повысился на 14,1 %, а количество липазы возросло в 2,3 раза ( $P \leq 0,001$ ).

Анализ титра антител на специфический иммунитет птицы против инфекционной бурсальной болезни и инфекционного бронхита кур показал (рис. 3, 4), что фитобиотик и пребиотик в рационе цыплят-бройлеров выступают как иммуностимуляторы.

Так, в первые три недели постнатального развития птицы титр антител к инфекционной бурсальной болезни в опытных группах в сравнении с контрольной увеличился в 4,6–7,2 раза. В 35-суточ-

ном возрасте самый высокий титр был в группе бройлеров, получавших добавку молочной кислоты, а в 42-суточном возрасте – при совместном использовании фитобиотика и пребиотика. При этом разница с контрольной группой составила 24,8 %, с I и II опытными группами – 70,8 и 17,2 % соответственно.

В отличие от инфекционной бурсальной болезни, титр антител к инфекционному бронхиту кур в крови птицы опытных групп в первые три недели выращивания увеличился с 1 182 до 2 531, но далее снизился во всех группах. При этом после ревакцинации наибольший иммунный ответ был у бройлеров II опытной группы, получавшей в рационе пребиотик.

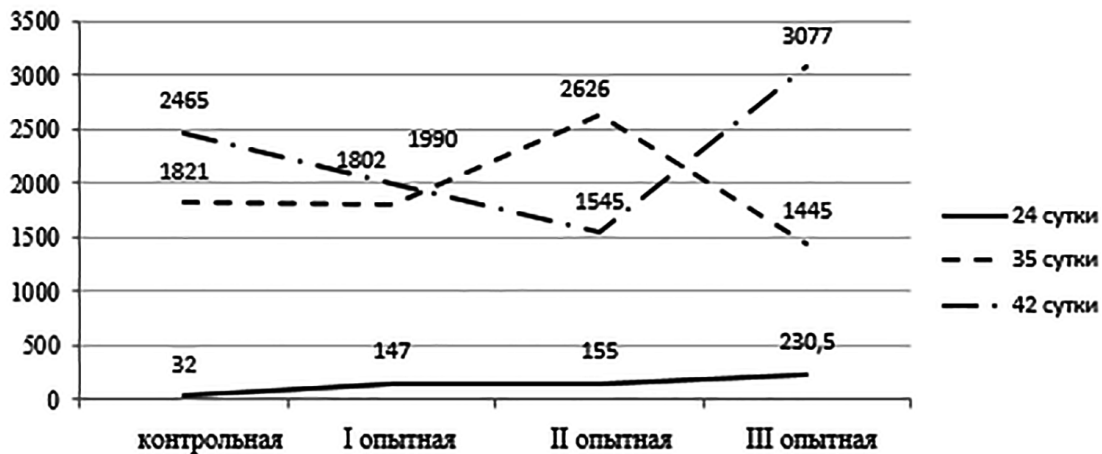


Рисунок 3 – Титр антител к инфекционной бурсальной болезни птиц  
 Figure 3 – Antibody titer to infectious bursal disease of birds

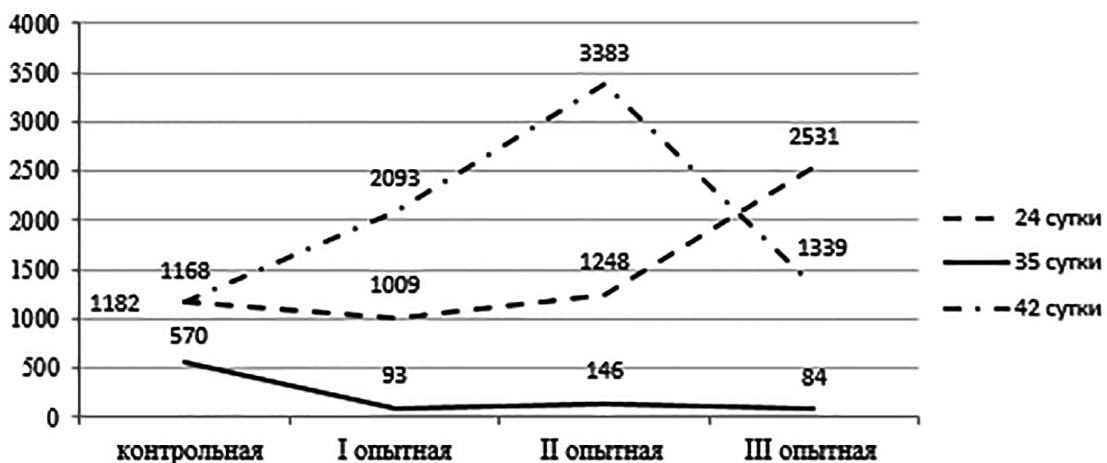


Рисунок 4 – Титр антител к инфекционному бронхиту птиц  
 Figure 4 – Antibody titer to infectious bronchitis in chickens

Полученные нами данные согласуются с ранее проведенными исследованиями А. А. Грозиной [9], установившей, что добавка фитобиотика Интебио в дозировке 500 г на тонну корма в рацион родителей гибридов кросса «Смена 8» и молодняка материнской линии положительно отразилась на увеличении в плазме крови амилазы, липазы и трипсина. Кормовая добавка фумаровой кислоты в исследованиях И. А. Егорова [10] повысила активность в плазме крови амилазы и липазы, а также лимфоцитов.

По данным Д. А. Коновалова [11] добавление в рацион молодняка и кур-несушек родительского стада биологически активной добавки ЦеллобактеринТ стимулировало в организме птицы специфический иммунитет к основным инфекционным заболеваниям.

При этом в сравнении с импортным аналогом (ЛевиселSB) данная отечественная кормовая добавка имела преимущество, что затем положительно сказалось на сохранности как ремонтного молодняка, так и кур-несушек.

Д. Соболевым и П. Салдун в работе [12] доказано, что комплекс органических кислот в рационе цыплят-бройлеров повысил функциональную активность печени. Это привело к снижению уровня щелочной фосфатазы и ферментов переаминирования в крови птицы. Данные изменения подтвердили участие печени в энергетическом обмене, направленном на анаболические процессы в организме.

**Заключение.** *Используемые в рационе цыплят-бройлеров кормовые добавки фитобиотика (цикория) и молочной кислоты оказали стимулирующее влияние на переваримость питательных веществ рациона, использование метаболитов липидного обмена на анаболические процессы, а также повысили клеточный иммунитет и выступили пролангаторами специфического иммунитета к широко распространенным инфекционным заболеваниям птицы.*

*При этом наилучшие результаты получены в группе цыплят-бройлеров при комбинированном применении фитобиотика с пребиотиком.*

#### Список источников

1. Duskaev G. K., Klimova T. A. Phytochemicals in poultry nutrition: prospects for use (review) // *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022. Vol. 105. No. 3. P. 137–152. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-137>.
2. Казачкова Н. М., Нотова С. В., Дускаев Г. К., Казакова Т. В., Маршинская О. В. Влияние экстракта *Quercus cortex* на биохимические показатели крови цыплят-бройлеров // *Вестник мясного скотоводства*. 2017. № 4 (100). С. 213–218. EDN YLZXQD.
3. Лаптев Г. Ю., Ильина Л. А., Йылдырым Е. А., Филиппова В. А., Дубровин А. В., Новикова О. Б. [и др.]. Фитобиотик Интебио® на защите иммунитета птицы // *Птицеводство*. 2019. № 7–8. С. 25–30. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-78-25-30>.
4. Правдин В. Г., Кравцова Л. З., Правдин И. В., Ушакова Н. А. Фитаметабиотики: возможности и преимущества в функциональном кормлении животных // *Мировое и российское птицеводство: состояние, динамика развития, инновационные перспективы* : материалы XX междунар. конф. Сергиев Посад : Российское отделение Всемирной научной ассоциации по птицеводству, 2020. С. 710–714.
5. Шацких Е. В., Латыпова Е. Н. Влияние фитобиотиков на сохранность поголовья и морфогистологическое состояние селезенки кур // *Вестник аграрной науки* 2022. № 5 (98). С. 70–76. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.5.70>.
6. Стрельникова И. И., Кислицына Н. А. Эффективность применения фитобиотиков в птицеводстве // *Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки*. 2020. Т. 6. № 4. С. 433–444. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-4-433-444>.
7. Krauze M., Abramowicz K., Ognik K. The effect of the addition of probiotic bacteria (*Bacillus subtilis* or *Enterococcus faecium*) or phytobiotic containing cinnamon oil to drinking water on the health and performance of broiler chickens // *Annals of Animal Science*. 2020. Vol. 1. P. 191–205. <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0059>.

8. Егоров И. А., Манукян В. А., Ленкова Т. Н., Околелова Т. М., Лукашенко В. С., Шевяков А. Н. [и др.]. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. Молекулярно-генетические методы определения микрофлоры кишечника : учебное пособие. Сергиев Посад : Весь Сергиев Посад, 2013. 51 с. EDN SDOKYP.
9. Grozina A. Influence of various feed additives on the activity of chyme and blood plasma enzymes of young meat chicken of original line // Bulletin the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. 2021. Vol. 2. No. 390. P. 12–17.
10. Егоров И. А., Вертипрахов В. Г., Ленкова Т. Н., Манукян В. А., Егорова Т. А., Грозина А. А. [и др.]. Использование смеси низкомолекулярных органических кислот в комбикормах для цыплят-бройлеров // Птица и птицепродукты. 2017. № 5. С. 26–28. EDN ZSRFLD.
11. Коновалов Д. А. Влияние пробиотических кормовых добавок на иммунный статус организма ремонтного молодняка птицы // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2019. № 1. С. 173–176. EDN APOECB.
12. Соболев Д., Сандул П. Применяем подкислители грамотно // Животноводство России. 2019. № 11. С. 11–12. <https://doi.org/10.25701/ZZR.2019.62.99.015>.

### References

1. Duskaev G. K., Klimova T. A. Phytochemicals in poultry nutrition: prospects for use (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*, 2022;105;3:137–152. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-137>.
2. Kazachkova N. M., Notova S. V., Duskaev G. K., Kazakova T. V., Marshinskaya O. V. Effect of *Quercus cortex* extract on biochemical parameters of blood of broiler chickens. *Vestnik myasnogo skotovodstva*, 2017;4(100):213–218. EDN YLZXQD (in Russ.).
3. Laptev G. Yu., Ilyina L. A., Yildirym E. A., Filippova V. A., Dubrovin A. V., Novikova O. B. [et al.]. Phytobiotic Intebio® protects the immunity. *Ptitsevodstvo*, 2019;7–8:25–30. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-78-25-30> (in Russ.).
4. Pravdin V. G., Kravtsova L. Z., Pravdin I. V., Ushakova N. A. Phyta-metabiotics: possibilities and advantages in functional feeding of animals. Proceedings from World and Russian poultry farming: state, development dynamics, innovative prospects: *XX Mezhdunarodnaya konferentsiya*. (PP. 710–714), Sergiev Posad, Rossiiskoe otdelenie Vsemirnoi nauchnoi assotsiatsii po ptitsevodstvu, 2020 (in Russ.).
5. Shatskikh E. V., Latypova E. N. The influence of phytobiotics on the livability and morphohistological state of the chicken spleen. *Vestnik agrarnoy nauki*, 2022;5:(98):70–76. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.5.70> (in Russ.).
6. Strelnikova I. I., Kislitsyna N. A. Effectiveness of phytobiotics in poultry farming. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sel'skokhozyaystvennyye nauki. Ekonomicheskie nauki*, 2020;6:4:433–444. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-4-433-444> (in Russ.).
7. Krauze M., Abramowicz K., Ognik K. The effect of the addition of probiotic bacteria (*Bacillus subtilis* or *Enterococcus faecium*) or phytobiotic containing cinnamon oil to drinking water on the health and performance of broiler chickens. *Annals of Animal Science*, 2020;1:191–205. <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0059>.
8. Egorov I. A., Manukyan V. A., Lenkova T. N., Okolelova T. M., Lukashenko V. S., Shevyakov A. N. [et al.]. *Methodology for conducting scientific and industrial research on feeding agricultural poultry. Molecular genetic methods for determining intestinal microflora: textbook*, Sergiev Posad, Ves' Sergiev Posad, 2013, 51 p. EDN SDOKYP (in Russ.).
9. Grozina A. Influence of various feed additives on the activity of chyme and blood plasma enzymes of young meat chicken of original line. *Bulletin the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 2021;2;390:12–17.

10. Egorov I. A., Vertiprakhov V. G., Lenkova T. N., Manukyan V. A., Egorova T. A., Grozina A. A. [et al.]. Use of a mixture of low-molecular organic acids in compound feed for broiler chickens. *Ptitsa i ptitseprodukty*, 2017;5:26–28. EDN ZSRFLD (in Russ.).

11. Konovalov D. A. Effect of probiotic feed supplementation on the immune status of rearing birds. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*, 2019;1:173–176. EDN APOECB (in Russ.).

12. Sobolev D., Sandul P. Using acidifiers competently. *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2019;11:11–12. <https://doi.org/10.25701/ZZR.2019.62.99.015> (in Russ.).

© Овчинников А. А., Шепелева Т. А., Яптик Н. Д., 2024

Статья поступила в редакцию 23.08.2024; одобрена после рецензирования 09.09.2024; принята к публикации 12.09.2024.

The article was submitted 23.08.2024; approved after reviewing 09.09.2024; accepted for publication 12.09.2024.

### **Информация об авторах**

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

**Шепелева Татьяна Анатольевна**, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры птицеводства, Южно-Уральский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9880-3693>, Author ID: 765855, [tanya.chepeleva@mail.ru](mailto:tanya.chepeleva@mail.ru);

**Яптик Наталья Дмитриевна**, аспирант, Южно-Уральский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3578-1882>, Author ID: 1175164, [tvi\\_t@mail.ru@bk.ru](mailto:tvi_t@mail.ru@bk.ru)

### **Information about the authors**

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

**Tatyana A. Shepeleva**, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of Department of Poultry Farming, South Ural State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9880-3693>, Author ID: 765855, [tanya.chepeleva@mail.ru](mailto:tanya.chepeleva@mail.ru);

**Natalya D. Yaptik**, Postgraduate Student, South Ural State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3578-1882>, Author ID: 1175164, [tvi\\_t@mail.ru@bk.ru](mailto:tvi_t@mail.ru@bk.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 631.314

EDN SISSMM

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-94-102>

## Определение параметров прикатывающего катка

**Роман Викторович Даманский**

Омский аграрный научный центр, Омская область, Омск, Россия

[damanskiy@anc.ru](mailto:damanskiy@anc.ru)

**Аннотация.** Цель работы – исследование уплотнения почвы прикатывающим катком, состоящим из закрепленных на оси, равномерно расположенных дисков, по окружности которых находятся полосы, осуществляющие дробление и прикатывание почвы. Приведены результаты исследований прикатывающего катка почвы, а также причин, нарушающих агротехнические требования. Представлена задача исследования прикатывающих катков для оценки конструктивных просчетов и поиска новых технических решений, позволяющих оптимизировать работу орудий для уплотнения почвы. Дана принципиальная схема прикатывающего катка почвы, состоящего из закрепленных на оси, равномерно расположенных дисков, по окружности которых находятся полосы, осуществляющие дробление и прикатывание почвы. Приведены результаты экспериментальных исследований и получена многофакторная модель изменения плотности почвы в зависимости от ряда параметров прикатывающего катка: массы катка, количества полос и скорости движения агрегата. Показаны оптимальные технические параметры для прикатывающего катка культиватора, предназначенного для предпосевной обработки почвы. Содержатся выводы экспериментальных исследований, в которых отражена математическая модель изменения плотности поверхностного слоя почвы после обработки прикатывающим катком в зависимости от ряда параметров, таких как масса катка, скорость движения, диаметр диска и количество полос. Установлена оптимальная масса катка в пределах 70–73 кг, оптимальная скорость перемещения катка в диапазоне от 9 до 10,8 км/ч. Рекомендуемое количество полос принято равным 8 шт. Диапазон диаметра диска составляет 0,31–0,34 м.

**Ключевые слова:** диск, полосы дисков катка, плотность почвы, прикатывающий каток, структура почвы

**Для цитирования:** Даманский Р. В. Определение параметров прикатывающего катка // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 94–102. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-94-102>.

Original article

## Determination of press roller parameters

**Roman V. Damanskiy**

Omsk Agricultural Research Center, Omsk region, Omsk, Russian Federation

[damanskiy@anc.ru](mailto:damanskiy@anc.ru)

**Abstract.** The article presents the results of a study of the soil compactor and the reasons that violate agrotechnical requirements. The task of studying compaction rollers is presented to evaluate design flaws and search for new technical solutions to optimize the operation of tools for

soil compaction. A schematic diagram of a soil compacting roller is presented, consisting of evenly spaced disks mounted on an axis, along the circumference of which there are strips that crush and compact the soil. The results of experimental studies are presented and a multifactorial model of changes in soil density is obtained depending on a number of parameters of the compacting roller: the mass of the roller, the number of strips and the speed of movement of the unit. The optimal technical parameters for the press roller of a cultivator intended for pre-sowing tillage are given. The conclusions of experimental studies are presented, which reflect a mathematical model of changes in the density of the surface layer of soil after treatment with a compacting roller depending on a number of parameters, such as the mass of the roller, the speed of movement, the diameter of the disk and the number of stripes. The optimal weight of the roller is determined to be between 70 and 73 kg, the optimal speed of movement of the roller can be in the range from 9 to 10.8 km/h. The recommended number of strips is 8 pcs. Disc diameter range 0.31–0.34 m.

**Keywords:** disk, disk strips of the roller, soil density, compactor roller, soil structure

**For citation:** Damanskiy R. V. Determination of press roller parameters. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;3:94–102. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-94-102>.

**Введение.** Урожайность зерновых культур зависит от качества семян и совершенства агротехники их выращивания. Используемые в настоящее время агротехнические приемы выращивания зерновых включают подготовку почвы под посев (обеспечение требуемой структуры, плотности и влажности почвы), а также обеспечение условий для наилучшего питания и прорастания семян.

В процессе подготовки почвы к посеву особенно важно обеспечить плотность почвы, от которой зависит скорость прорастания семян, их питание кислородом, тепловое состояние в области зерна, влагообмен с окружающей средой. Плотность почвы – важный фактор в процессе развития зерновых культур. Обеспечение требуемой плотности почвы способствует существенному росту урожайности.

Прикатывание почвы осуществляется прикатывающими катками различной конструкции, которые по разным причинам не в полной мере отвечают агротехническим требованиям. Поэтому задача исследования прикатывающих катков с целью поиска новых технических решений по их конструктивному решению в настоящее время является актуальной [1–4, 7].

**Цель исследований** – изучить процесс уплотнения почвы прикатывающим катком культиваторов для предпосевной обработки почвы, состоящим из закрепленных на оси, равномерно расположенных дисков, по окружности которых находятся полосы, осуществляющие дробление и прикатывание почвы.

**Материалы и методы исследований.** Принципиальная конструкция прикатывающего катка показана на рисунке 1.

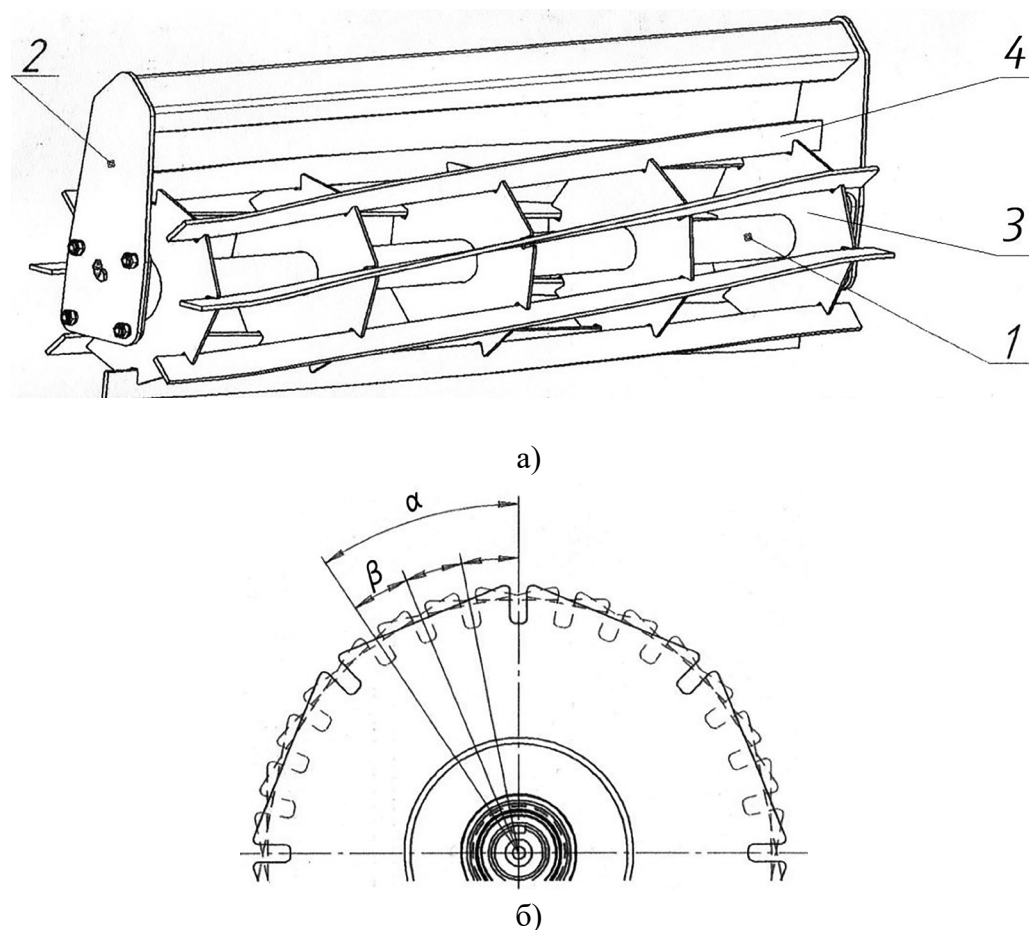
Прикатывающий каток состоит из вала 1, на котором крепятся диски 3, смещенные друг относительно друга на угол  $\beta$ , и полос 4, установленных в пазы дисков, смещенных друг относительно друга на угол  $\alpha$ . Вал в собранном виде крепится в креплении 2. Длина катка составляет 1 070 мм.

Анализ работы представленного прикатывающего катка показал, что основные показатели качества работы, влияющие на будущую урожайность зерновых, зависят от следующих параметров: масса катка, скорость движения, диаметр дисков и количество полос.

Исследования проводили в почвенном канале лаборатории отдела механизации Омского аграрного научного центра. При лабораторном исследовании влияния различных факторов на плотность поверхностного слоя при прикатывании катком был использован активный эксперимент. В качестве плана эксперимента использован четырехфакторный центральный композиционный план второго порядка [1, 4]. Функцией отклика принята плотность поверхностного слоя толщиной 0–8 см, в котором происходит размещение семян зерновых культур в процессе высева [1, 5, 6].

В качестве варьируемых факторов взяты: масса катка ( $m$ ), кг; диаметр катка ( $D$ ), м; количество полос ( $n$ ), шт.; скорость движения ( $v$ ), м/с.





а) каток в сборе; б) схема смещения дисков  
 1 – вал; 2 – крепление катка; 3 – диск; 4 – полоса  
 a) assembled roller; b) disk displacement diagram  
 1 – shaft; 2 – roller fastening; 3 – disk; 4 – stripe

**Рисунок 1 – Принципиальная схема прикатывающего катка**  
**Figure 1 – Schematic diagram of compacting roller**

Каждый фактор варьировали на трех уровнях: максимальном, минимальном и нулевом (табл. 1). При этом для исключения разницы в размерностях факторы приводили к безразмерному виду путем кодирования по формуле (1):

$$X = \frac{x - x_0}{\Delta x} \quad (1)$$

где  $X$  – кодированное значение фактора;  
 $x$  – натуральное значение фактора;  
 $x_0$  – нулевое значение натурального фактора;  
 $\Delta x$  – интервал варьирования фактора.

При кодировании факторов по формуле (1) максимальное значение любого фактора приобретает значение +1, а минимальное значение минус -1.

Матрица четырехфакторного центрального композиционного плана включает 25 экспериментов (16 – полный факторный эксперимент, 8 – эксперимент в звездных точках и один эксперимент в нулевой точке). Плечо звездных точек определяли по формуле (2) [7, 8]:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2} \sqrt{NN_0} - N_0} \quad (2)$$

Таблица 1 – Факторы, интервалы и уровни варьирования

Table 1 – Factors, intervals and levels of variation

| Уровни и интервал варьирования факторов | Факторы             |                                |                      |                            |
|---|---------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------------|
|   | масса катка (m), кг | скорость перемещения (v), км/ч | диаметр диска (D), м | количество полос (n), штук |
| +1                                      | 75                  | 10,8                           | 0,34                 | 10                         |
| 0                                       | 70                  | 9,0                            | 0,32                 | 8                          |
| -1                                      | 65                  | 7,2                            | 0,30                 | 6                          |
| Δx                                      | 5                   | 1,8                            | 0,02                 | 2                          |

где N – общее количество точек эксперимента;

$N_0$  – количество точек полного факторного эксперимента.

Для нахождения числа «а» использовали формулу (3):

$$a = \sqrt{\frac{N_0}{N}} \quad (3)$$

Опыты проводили в трехкратной повторности.

Однородность параллельных опытов проверяли по критерию Кохрена (4):

$$G_p = \frac{S_{imax}^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2} \quad (4)$$

где  $S_{imax}^2$  – максимальное значение дисперсии в опыте.

Значимость коэффициентов проверяли по критерию Стьюдента, адекватность модели – по критерию Фишера [9]:

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S^2(y)} \quad (5)$$

где  $S_{ад}^2$  – дисперсия адекватности;

$S^2(y)$  – дисперсия воспроизводимости.

Плотность почвы находили методом режущего цилиндра по Качинскому в слое 0–10 см после прохода прикатывающего катка в трехкратной повторности [5].

Диаметр диска измеряли измерительной линейкой длиной 1 000 мм. Массу катка измеряли с помощью врезных весов

марки 4D-PMF-12/10 до 150 кг с ценой поверочного деления 50 г.

Скорость устанавливали изменением частоты вращения коленчатого вала двигателя путем изменения подачи топлива [10, 11].

**Результаты исследований.** В результате обработки полученных экспериментальных данных сформирована математическая модель в кодированном виде, представляющая зависимость плотности поверхностного слоя от массы катка  $X_1$ , скорости движения  $X_2$ , диаметра катка  $X_3$  и количества полос  $X_4$ , следующего вида:

$$Y = 1,122 + 0,0715X_1 - 0,1159X_2 - 0,0007X_3 - 0,0003X_4 + 0,0003X_1X_2 - 0,007X_1X_3 + 0,0004X_1X_4 + 0,009X_2X_3 + 0,0002X_2X_4 + 0,0002X_3X_4 - 0,039X_1^2 + 0,0627X_2^2 + 0,0004X_3^2 + 0,0009X_4^2 \quad (6)$$

Однородность параллельных опытов подтверждена критерием Кохрена. Расчетное значение критерия равно 0,154, табличное значение составляет 0,2354 при  $\alpha = 0,95$  и  $f_1 = 2, f_2 = 25$ .

Расчетное значение критерия Фишера составляет 1,93, тогда как табличное равно 2,02 при  $\alpha = 0,95$  и  $f_1 = 10, f_2 = 50$ .

При расчете зависимости поверхностной плотности почвы от массы ( $X_1$ ) и скорости движения ( $X_2$ ), факторы  $X_3$  и  $X_4$  в формуле (6) принимали равными нулю. В этом случае зависимость принимала вид выражения (7):

$$Y = 1,122 + 0,0715X_1 - 0,1159X_2 + 0,0003X_1X_2 - 0,039X_1^2 + 0,0627X_2^2 \quad (7)$$

Результаты расчетов плотности верхнего почвенного слоя по формуле (7) приведены на рисунке 2.

Анализ кривых показывает, что с увеличением массы катка после его прохода плотность поверхностного слоя повышается. В то же время с увеличением скорости плотность поверхностного слоя снижается. При работе катка на скоростях от 9 до 10,8 км/ч для обеспечения требуемой плотности поверхностного слоя на уровне 1–1,2 г/см<sup>3</sup> [2, 3] необходима масса катка от 70 до 73 кг.

При расчете зависимости поверхностной плотности почвы от массы ( $X_1$ ) и диаметра диска ( $X_3$ ), факторы  $X_2$  и  $X_4$  в формуле (6) принимали равными нулю. В этом случае зависимость имела вид выражения (8):

$$Y = 1,122 + 0,0715X_1 - 0,0007X_3 - 0,007X_1X_3 - 0,039X_1^2 + 0,0004X_3^2 \quad (8)$$

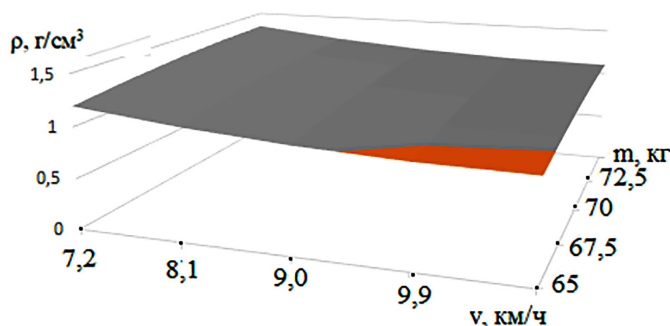


Рисунок 2 – Зависимость плотности поверхностного слоя в почвенном канале после прохода уплотняющего катка ( $D = 0,32$  м,  $n = 8$ )

Figure 2 – Dependence of surface soil layer density in tray after compacting roller passage ( $D = 0.32$  m,  $n = 8$ )

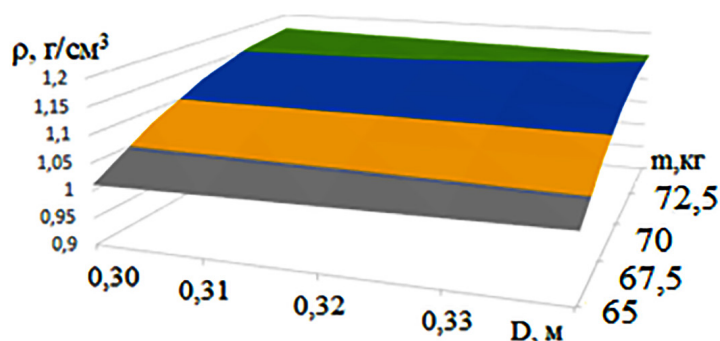


Рисунок 3 – Зависимость плотности поверхностного слоя почвы от массы катка и диаметра диска при скорости и количестве пластин катка, равных нулю

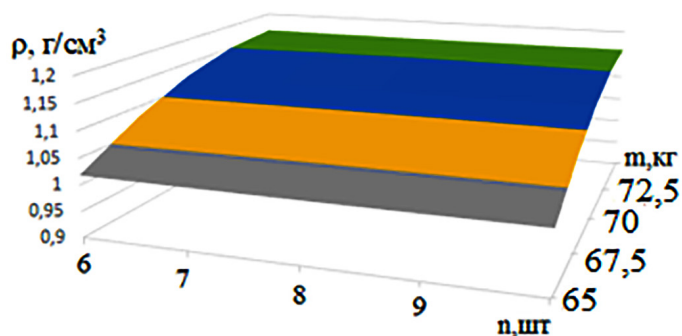
Figure 3 – Dependence of surface soil layer density on roller mass and disk diameter at speed and number of plates equal to 0

Результаты расчетов плотности поверхностного слоя почвы по формуле (8) приведены на рисунке 3.

Анализ кривых показывает, что с увеличением массы катка после его прохода плотность поверхностного слоя повышается. При этом с увеличением как массы катка, так и диаметра диска в исследуемом диапазоне изменения параметров, плотность поверхностного слоя почвы находилась в допустимых пределах.

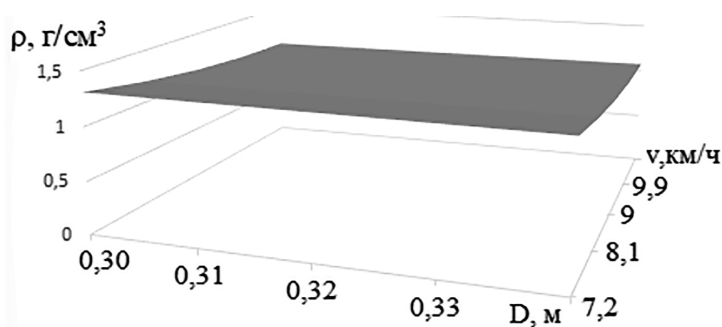
На рисунке 4 приведена поверхность, характеризующая совместное влияние на плотность поверхностного слоя массы катка и количества пластин. Из анализа поверхности следует, что с увеличением массы катка плотность поверхностного слоя почвы увеличивается. Увеличение количества пластин незначительно снижает поверхностную плотность.

На рисунке 5 показана поверхность, характеризующая влияние на плотность поверхностного слоя почвы скорости и



**Рисунок 4 – Зависимость плотности поверхностного слоя почвы от массы катка и количества пластин**

**Figure 4 – Dependence of surface soil layer density on roller mass and number of plates**



**Рисунок 5 – Зависимость плотности поверхностного слоя почвы от скорости и диаметра диска**

**Figure 5 – Dependence of surface soil layer density on speed and disk diameter**

диаметра диска. Поверхность показывает, что плотность поверхностного слоя при увеличении скорости движения уменьшается. При скоростях от 9 км/ч и выше, а также диаметре диска от 0,31 м и выше плотность поверхностного слоя почвы находится в допустимых пределах.

На рисунке 6 приведена поверхность, характеризующая влияние на плотность поверхностного слоя скорости и количества полос. Анализ графика показывает, что при скорости 7,2 км/ч при любом из исследуемых значений полос величина плотности поверхностного слоя почвы превышает допустимую величину; при скоростях, превышающих 8,1 км/ч, при числе полос, исследуемых в опыте, плотность поверхностного слоя находится в пределах, допускаемых агротехникой возделывания зерновых.

На рисунке 7 показана поверхность, характеризующая влияние на плотность поверхностного слоя диаметра и количе-

ства полос катка. Анализ графика показывает, что взаимное влияние диаметра и количества полос приводит к получению плотности поверхностного слоя, соответствующей допустимой величине.

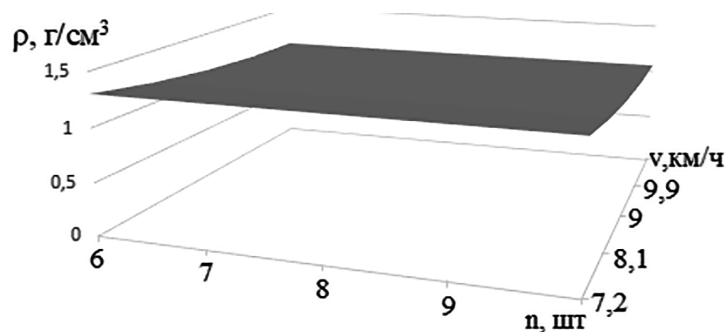
**Заключение.** 1. Получена математическая модель изменения плотности поверхностного слоя почвы после обработки прикатывающим катком в зависимости от массы катка, скорости движения, диаметра диска и количества полос.

2. Установлено, что масса катка должна находиться в пределах 70–73 кг.

3. Установлено, что скорость движения катка может находиться в диапазоне от 9 до 10,8 км/ч.

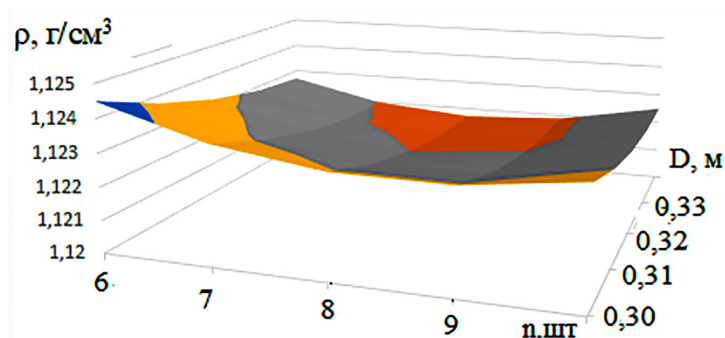
4. Количество полос рекомендуется принимать равным 8.

5. Диаметр диска можно принимать в диапазоне от 0,31 до 0,34 м.



**Рисунок 6 – Зависимость плотности поверхностного слоя почвы от скорости и количества полос**

**Figure 6 – Dependence of surface soil layer density on speed and number of n-strips**



**Рисунок 7 – Зависимость плотности поверхностного слоя почвы от диаметра и количества полос**

**Figure 7 – Dependence of surface soil layer density on diameter and number of n-strips**

#### Список источников

1. Shuliko N. N., Khamova O. F., Timokhin A. Y., Boiko V. S., Tukmacheva E. V., Krempa A. Influence of long-term intensive use of irrigated meadow-chernozem soil on the biological activity and productivity of the arable layer // *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12. No. 1. P. 14672. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18639-1>.

2. Союнов А. С., Прокопов С. П., Головин А. Ю., Сабиев У. К., Мальцева Е. И. Изыскание современных факторов, влияющих на эффективность работы машинно-тракторных агрегатов // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2021. № 4 (44). С. 232–240. [https://doi.org/10.48136/2222-0364\\_2021\\_4\\_232](https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_4_232).

3. Дубенок Н. Н. Мелиорация земель – основа успешного развития агропромышленного комплекса // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2013. № 3. С. 7–9. EDN QALAEED.

4. Даманский Р. В., Керученко Л. С. К вопросу о повышении долговечности распылителей форсунок // *Перспективные технологии в аграрном производстве: человек, «цифра», окружающая среда (AgroProd 2021) : материалы междунар. науч.-практ. конф. Омск : Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, 2021. С. 304–310. EDN MLLAXT.*

5. Виноградов Н. Н., Захаров С. В., Мальцева Е. И., Кузьмин Д. Е. Сравнительные характеристики почвообрабатывающих машин на глубокой безотвальной обработке почвы // *Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития : материалы IV междунар. науч.-практ. конф. Омск : Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, 2020. С. 57–61. EDN HOPGGW.*

6. Даманский Р. В., Керученко Л. С., Немцев А. Е. Исследование параметров износа уплотняющего пояса запорного конуса иглы распылителя форсунки ФД-22 при работе на дизельном топливе с добавкой // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (40). С. 118–124. EDN PPBEDE.

7. Zaripova N. A., Soyunov A. S., Prokopov S. P., Golovin A. Y., Abdylmanova R. K. Technology of antierosive soil surface deriving // Innovative technologies in engineering : IX International Scientific Practical Conference. Yurga : Institute of Physics Publishing, 2018. P. 012012. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1059/1/012012>.

8. Eben E. Verfahren zur Abtrennung von Rubenerde // Zuckerindustrie. 2000. Vol. 125 (1). P. 13–17.

9. John Deere // СибзаводАгро. URL: <https://sibzavodagro.ru/tehnika/posevnaya/seyalka-skp-21> (дата обращения: 14.06.2022).

10. Чекусов М. С., Кем А. А., Михальцов Е. М., Даманский Р. В., Шмидт А. Н. Современные цифровые технологии в растениеводстве АПК Омской области // Инновационные технологии в АПК как фактор развития науки в современных условиях : материалы VI междунар. науч.-практ. конф. Омск : Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, 2021. С. 180–185. EDN PBEGDJ.

11. Lykhovyd P., Lavrenko S., Ushkarenko V., Maksymov M., Lavrenko N. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) yields forecast using normalized difference vegetation index // International Journal of Agricultural Technology. 2022. Vol. 18. No. 3. P. 1033–1044. EDN CWDDYV.

### References

1. Shuliko N. N., Khamova O. F., Timokhin A. Y., Boiko V. S., Tukmacheva E. V., Krempa A. Influence of long-term intensive use of irrigated meadow-chernozem soil on the biological activity and productivity of the arable layer. Scientific Reports, 2022;12;1:14672. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18639-1>.

2. Soyunov A. S., Prokopov S. P., Golovin A. Yu., Sabiev U. K., Maltseva E. I. The investigation of modern factors affecting the efficiency of machine and tractor aggregates. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021;4(44):232–240. [https://doi.org/10.48136/2222-0364\\_2021\\_4\\_232](https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_4_232) (in Russ.).

3. Dubenok N. N. Land reclamation is the basis of national agricultural complex improvement. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo*, 2013;3:7–9. EDN QALAE (in Russ.).

4. Damanskiy R. V., Keruchenko L. S. On the issue of increasing the durability of spray nozzles. Proceedings from Promising technologies in agricultural production: human, digital, environment (AgroProd 2021): *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 304–310), Omsk, Omskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni P. A. Stolypina, 2021. EDN MLLAXT (in Russ.).

5. Vinogradov N. N., Zakharov S. V., Maltseva E. I., Kuzmin D. E. Comparative characteristics of tillage machines for deep tillage. Proceedings from Scientific and technical support of agro-industrial complex, status and prospects of development: *VI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 57–61), Omsk, Omskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni P. A. Stolypina, 2020. EDN HOPGGW (in Russ.).

6. Damanskiy R. V., Keruchenko L. S., Nemtsev A. E. A study on the wear parameters of the sealing belt of the needle locking cone of the nozzle sprayer FD-22 when operating on mixed diesel fuel. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020;4(40):118–124 EDN PPBEDE (in Russ.).

7. Zaripova N. A., Soyunov A. S., Prokopov S. P., Golovin A. Y., Abdylmanova R. K. Technology of antierosive soil surface deriving. Proceedings from Innovative technologies in engineering: IX International Scientific Practical Conference. (PP. 012012), Yurga, Institute of Physics Publishing, 2018. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1059/1/012012>.

8. Eben E. Verfahren zur Abtrennung von Rubenerde. *Zuckerindustrie*, 2000;125(1):13–17.

9. John Deere. *Sibzavodagro.ru* Retrieved from <https://sibzavodagro.ru/tehnika/posevnaya/seyalka-skp-21> (Accessed 14 June 2022) (in Russ.).

10. Chekusov M. S., Kem A. A., Mihaltsov E. M., Damanskiy R. V., Schmidt A. N. Modern digital technologies in crop production of the agro-industrial complex in Omsk region. Proceedings from Innovative technologies in agro-industrial complex as a factor of science development in modern conditions: *VI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 180 –185), Omsk, Omskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni P. A. Stolypina, 2021. EDN PBEGDJ (in Russ.).

11. Lykhovyd P., Lavrenko S., Ushkarenko V., Maksymov M., Lavrenko N. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) yields forecast using normalized difference vegetation index. *International Journal of Agricultural Technology*, 2022;18;3:1033–1044. EDN CWDDYV.

© Даманский Р. В., 2024

Статья поступила в редакцию 18.07.2024; одобрена после рецензирования 20.08.2024; принята к публикации 27.08.2024.

The article was submitted 18.07.2024; approved after reviewing 20.08.2024; accepted for publication 27.08.2024.

#### ***Информация об авторе***

***Даманский Роман Викторович***, кандидат технических наук, научный сотрудник, Омский аграрный научный центр, [damanskiy@anc.ru](mailto:damanskiy@anc.ru)

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

***Roman V. Damanskiy***, Candidate of Technical Sciences, Researcher, Omsk Agricultural Research Center; [damanskiy@anc.ru](mailto:damanskiy@anc.ru)

Научная статья

УДК 631.354.026:633.34

EDN KHQZDV

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-103-117>

### Обоснование параметров дополнительной транспортной доски в комбайне с двухфазным обмолотом и двухпоточной очисткой зерна сои

Александр Васильевич Липкань<sup>1</sup>, Владимир Александрович Сахаров<sup>2</sup>,  
Вячеслав Сергеевич Усанов<sup>3</sup>, Алексей Алексеевич Кувшинов<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт сои

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [lav-blg@mail.ru](mailto:lav-blg@mail.ru), <sup>2</sup> [sva@vniisoi.ru](mailto:sva@vniisoi.ru), <sup>3</sup> [uvs@vniisoi.ru](mailto:uvs@vniisoi.ru), <sup>4</sup> [kyaa@vniisoi.ru](mailto:kyaa@vniisoi.ru)

**Аннотация.** В статье представлено расчетно-аналитическое обоснование вариантов конструктивно-кинематических параметров дополнительной транспортной доски, обеспечивающих качество зерна первой фракции за счет падения зерна из-под второго молотильного барабана, соломотряса и домолачивающего устройства на вторую половину верхнего решета решетного стана модернизированного комбайна с двухфазной схемой обмолота и двухпоточной очисткой зерна без учета и с учетом воздействия наклонного воздушного потока от штатного вентилятора, направление и величина скорости которого определяются положением планок жалюзи верхнего решета и вылетом дополнительной транспортной доски над ним.

**Ключевые слова:** модернизация комбайна, двухфазная схема обмолота, двухпоточная очистка, вылет дополнительной транспортной доски, семенное и товарное зерно, дробление и чистота зерна

**Для цитирования:** Липкань А. В., Сахаров В. А., Усанов В. С., Кувшинов А. А. Обоснование параметров дополнительной транспортной доски в комбайне с двухфазным обмолотом и двухпоточной очисткой зерна сои // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 103–117. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-103-117>.

Original article

### Substantiation of the parameters of an additional transport board in a combine with two-phase threshing and two-stream grain cleaning

Alexander V. Lipkan<sup>1</sup>, Vladimir A. Sakharov<sup>2</sup>,  
Vyacheslav S. Usanov<sup>3</sup>, Alexey A. Kuvshinov<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Soybean

Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [lav-blg@mail.ru](mailto:lav-blg@mail.ru), <sup>2</sup> [sva@vniisoi.ru](mailto:sva@vniisoi.ru), <sup>3</sup> [uvs@vniisoi.ru](mailto:uvs@vniisoi.ru), <sup>4</sup> [kyaa@vniisoi.ru](mailto:kyaa@vniisoi.ru)

**Abstract.** The article provides a computational and analytical justification for the design and kinematic parameters of an additional transport board that ensure the quality of grain of the first fraction due to the fall of grain from under the second threshing drum, a straw cutter and a threshing device on the second half of the upper sieve of the sieve mill of an upgraded combine with a two-phase threshing scheme and two-stream grain cleaning without taking into account and taking into account the impact of an inclined air flow from a standard fan, the direction and magnitude of the speed of which is determined by the position of the louver slats of the upper sieve and the departure of an additional transport board above it.



**Keywords:** modernization of the combine, two-phase threshing scheme, two-flow cleaning, departure of an additional transport board, seed and commercial grain, crushing and grain purity

**For citation:** Lipkan A. V., Sakharov V. A., Usanov V. S., Kuvshinov A. A. Substantiation of the parameters of an additional transport board in a combine with two-phase threshing and two-stream grain cleaning. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;3:103–117. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-103-117>.

**Введение.** В рамках совершенствования рабочих органов макетного образца модернизируемого комбайна с двухфазной схемой обмолота с целью минимизации травмирующего воздействия на зерно сои необходимо рассмотреть меры оптимизации конструктивно-кинематических параметров системы очистки.

В работе [1] представлена методология моделирования потоков воздуха в проточной части системы очистки воздушного экрана зерноуборочной машины в двумерной постановке. Приведен пример расчета аэродинамических показателей двумерной модели системы очистки. Сформулированы рекомендации по конструктивным особенностям системы очистки для получения равномерного потока воздуха по ее ширине. Полученные результаты могут быть использованы при дальнейших исследованиях системы очистки зерноуборочных машин.

Исследование, представленное в работах [2, 3], проводилось учеными с целью обоснования разработки комбинации решет для устройства очистки зерноуборочной машины. В методическом плане оно основано на общем логическом методе и математическом анализе. Выявлена закономерность между подачей зернового вороха в систему очистки уборочной машины и технологическими свойствами зернового вороха, а также технико-эксплуатационными параметрами уборочной машины. Графическая интерпретация полученных закономерностей характеризует изменение высоты слоя вороха на решетке в системе очистки уборочной машины от технологических свойств сельскохозяйственных культур и других параметров комбайна.

Авторы работы [4] утверждают, что из-за нелинейного характера уборочного процесса не существует точной матема-

тической модели для описания поведения системы очистки зерноуборочного комбайна. Для решения данной проблемы разработан алгоритм нечеткого логического управления системы очистки зерноуборочной машины. При проведении экспериментов по оценке эффективности очистки зерноуборочной машины, средние значения количества примесей и потерь на разных эксплуатационных режимах, основанные на представленном методе нечеткого управления, составляют 1,66 и 1,69 %, что лучше соответствующих значений (2,13 и 2,11 %) при классическом методе управления. Результаты показывают, что установленная система управления надежна и эффективна для повышения эффективности уборки урожая.

В статье [5] представлена методика изучения реального рабочего процесса с использованием цифрового двойника, выявлены проблемные зоны и исследовано равномерное распределение воздушного потока на выходе из выпускного канала вентилятора системы очистки зерноуборочного комбайна. На основе разработки и исследования была определена скорость потока воздуха на выходе из выпускного канала радиального вентилятора системы очистки зерноуборочного комбайна при различных скоростях вращения вентилятора (от 450 до 1 050 мин<sup>-1</sup>). Экспериментальные измерения распределения скорости воздушного потока по рабочей части решетчатого стана для системы очистки в современных зерноуборочных комбайнов составили 3,75–10,2 м/с.

Процесс очистки зерна в комбайне представляется в большей мере сложным и менее изученным из-за его многофункциональности, которая заключается в транспортировании вороха по разным элементам системы при одновременном воздействии потоком воздуха в местах перепадов решет и лепестков жалюзи.

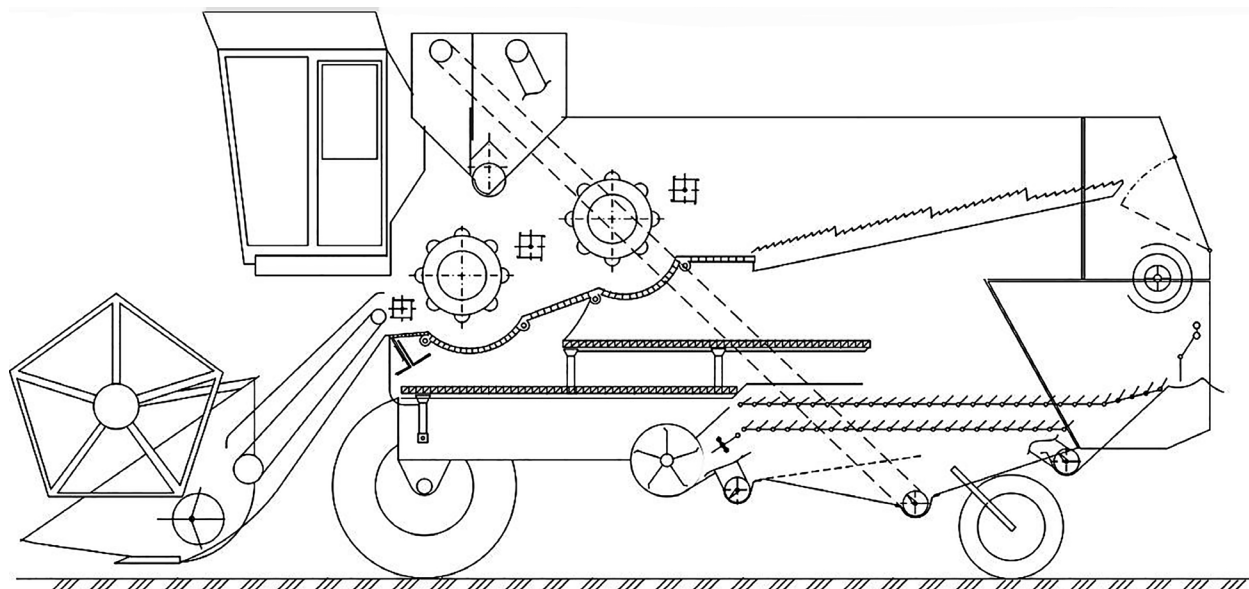
Рассматриваемый авторами работы [6] процесс движения растительной массы подвергает изменению структуру воздушного потока при различной подаче, что приводит к сложности согласования параметров очистки в зависимости от особенностей убираемой сельскохозяйственной культуры и загрузки уборочной машины. В исследовании представлены основополагающие критерии, которые необходимо учитывать при совершенствовании уборочных машин. Предложена новая универсальная производительная система очистки для зерноуборочных комбайнов.

В работе [7] предлагается перспективный путь повышения продуктивности сои, который заключается в разработке технологии получения качественных кондиционных семян сои, непосредственно в комбайне двухфазного обмолота в процессе уборки. Разработанные технологические и конструкторские разработки позволяют разделять зерно после обмолота на семенную и товарную фракцию. Семенная фракция с большой массой 1 000 семян отличается чистотой на уровне требований посевных качеств, репродукционных для семенных целей, с пониженным уровнем дробления и микроповреждений и увели-

ченной продуктивностью. Товарная фракция зерна сои, получаемая после домолота вторым молотильным барабаном, проходит систему очистки, предотвращает потери зерна.

На рисунке 1 представлена конструктивно-технологическая схема макетного образца модернизируемого комбайна с двухфазной схемой обмолота (патенты Российской Федерации № 2765580 от 01.02.2022; № 216094 от 17.01.2023; № 220380 от 11.09.2023), создаваемого для получения наиболее биологически ценного семенного зерна сои непосредственно в процессе уборки за счет выделения, очистки и сбора фракции, обмолоченной первым молотильным барабаном с наиболее мягким режимом обмолота – с минимальным уровнем травмирования.

Данная разработка, направленная на снижение себестоимости получения семенного зерна сои непосредственно на этапе уборки за счет исключения этапов предварительной и первичной очисток при послеуборочной обработке для комбайнов с двухбарабанной схемой обмолота, несомненно, является актуальной [8].



**Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема макетного образца модернизируемого комбайна с двухфазной схемой обмолота**

**Figure 1 – Design and technological diagram of a mock-up sample of an upgraded combine harvester with a two-phase threshing circuit**

Полевые испытания разрабатываемого макетного образца в 2022 г. при низкой влажности зерна (8,2 %) выявили повышенный к нормативу процент дробления зерна сои в первой семенной фракции и недостаточную чистоту зерна во второй товарной фракции [9].

Одной из причин снижения качества семян сои первой фракции является недостаточный вылет дополнительной транспортной доски (ДТД) над первой половиной верхнего решета. В этом случае падение целого и дробленого зерна из мелкого соевого вороха из-под второго молотильного барабана, соломотряса и домолачивающего устройства приходится на первую половину верхнего решета – на участке 320–500 мм, что приводит к его скатыванию по первой скатной доске или пробивному решету под нижним решетом и попаданию в первую (семенную) фракцию. Скорость свободного полета частиц мелкого соевого вороха с дополнительной транспортной доски и величина их горизонтального перемещения (относа) при падении на верхнее решето очистки зависят от частоты колебаний грохота и от величины воздушного потока, определяемых соответственно передаточным отношением цепной передачи с вала вентилятора на привод грохота и оборотами вентилятора.

Для решения задачи автоматизации управлением работой системы очистки в зависимости от урожайности убираемой культуры и рабочей скорости комбайна необходимо иметь возможность изменения частоты колебаний грохота и автономного управления оборотами вентилятора очистки в процессе комбайнирования.

**Цель исследования** – обеспечение нормативных показателей качества семенной (травмирование) и товарной (чистота) фракций согласно техническому заданию.

**Материалы и методы исследования.** Для достижения поставленной цели необходимо аналитически-расчетным путем определить возможные сочетания конструктивно-кинематических параметров привода грохота и воздушно-решетной очистки:

1) при режимных параметрах воздушно-решетной очистки, соответствующих номинальному режиму двигателя комбайна, величину вылета ДТД, обеспе-

чивающей относ зерна сои и легких компонентов (дробленое зерно, бобы, полова) на вторую половину верхнего решета;

2) минимальную скорость отрыва целого и дробленого зерна сои от края ДТД и соответствующие конструктивно-кинематические параметры ее привода, обеспечивающие относ зерна с высоты 140 мм на верхнее решето на дальность не менее 180 мм;

3) дополнительное влияние наклонного воздушного потока, создаваемого у обреза ДТД над верхним решетом и углом наклона планок его жалюзи, на относ частиц мелкого соевого вороха.

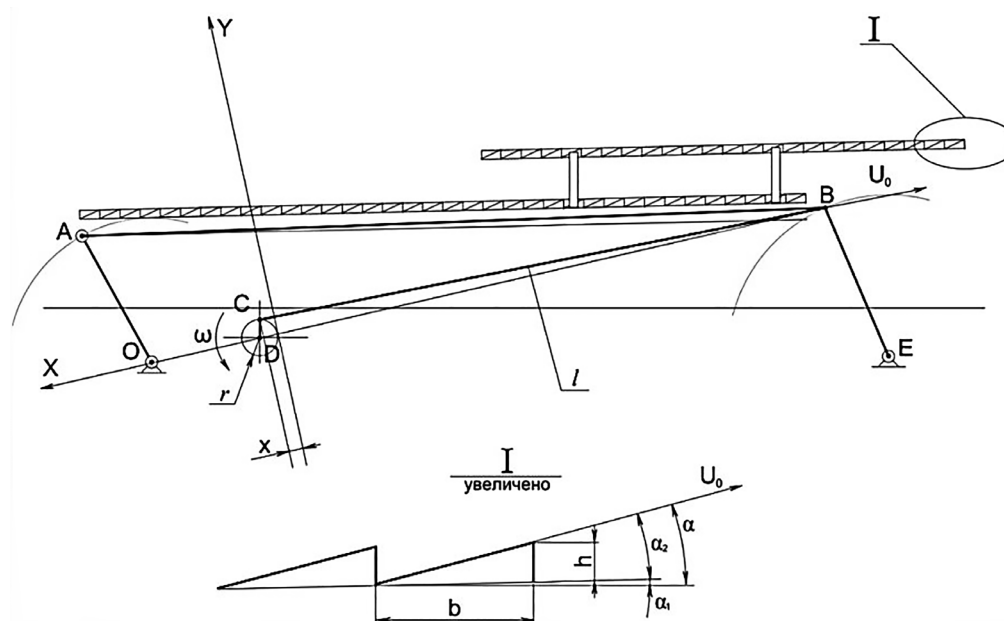
*Для выявления взаимосвязи кинематических параметров механизма привода очистки соезерноуборочного комбайна с его конструктивными (размерными) параметрами необходимо получить соответствующие аналитические выражения, позволяющие ответить на поставленные вопросы.*

**Результаты исследований и их обсуждение.** Расчетная схема привода системы двухпоточной очистки макетного образца модернизируемого соезерноуборочного комбайна дана на рисунке 2.

В приводе транспортной доски комбайна применяется шарнирный четырехзвенник. Выражения для перемещений, скоростей и ускорений его точек этим механизмом довольно сложны. Поэтому для дальнейшего анализа с достаточной для практики точностью можно рассматривать кинематику транспортной доски, приводимой кривошипно-ползунным механизмом (КПМ).

Поскольку у КПМ для обеспечения колебаний транспортной доски и связанного с ней верхнего решета, длина шатуна ( $l$ ) во много раз превышает величину радиуса кривошипа ( $r$ ), то есть  $l \gg r$ , то с достаточной степенью точности можно на основании схемы, представленной на рисунке 2, записать следующие уравнения для перемещения, скорости и ускорения точек транспортной доски (1):

$$\begin{aligned} x &= r(1 - \cos\omega t), \\ V &= \frac{dx}{dt} = r \cdot \omega \cdot \sin\omega t; \\ a &= \frac{d^2x}{dt^2} = r \cdot \omega^2 \cdot \cos\omega t \end{aligned} \quad (1)$$



**Рисунок 2 – Схема привода транспортной доски системы двухпоточной очистки**  
**Figure 2 – Drive diagram of the transport board of the two-stream cleaning system**

где  $r$  – радиус кривошипа;  
 $\omega$  – угловая скорость кривошипа;  
 $t$  – время.

Выразим скорость и ускорение точки транспортной доски в функции перемещения; для этого из первого уравнения системы (1) выразим:

$$\begin{aligned} \cos \omega t &= 1 - \frac{x}{r} \text{ или} \\ \sin \omega t &= \sqrt{1 - \cos^2 \omega \cdot t} = \\ &= \sqrt{1 - \left(1 - \frac{x}{r}\right)^2} = \sqrt{\frac{x}{r} \left(2 - \frac{x}{r}\right)} \end{aligned}$$

Тогда получим:

$$V = r \cdot \omega \sqrt{\frac{x}{r} \left(2 - \frac{x}{r}\right)} \quad (2)$$

$$\text{где } \omega = \frac{\pi \cdot n_{\text{кр}}}{30}, n_{\text{кр}} = \frac{n_{\text{в}} \cdot Z_1}{Z_2},$$

$$a = r \cdot \omega^2 \cdot \left(1 - \frac{x}{r}\right) = \omega^2 (r - x) \quad (3)$$

где  $n_{\text{в}}$  и  $n_{\text{кр}}$  – номинальное число оборотов вентилятора очистки и кривошипа толкателя ( $n_{\text{в}} = 754 \text{ мин}^{-1}$ );

$\omega$  – угловая скорость вала кривошипа;

$Z_1 = 13$  и  $Z_2 = 36$  – число зубьев звездочек на валах вентилятора и кривошипного вала толкателя грохота.

Проанализируем полученные выражения (2) и (3). Максимальное значение скорости транспортной доски  $V_{\text{max}} = r \cdot \omega$  будет при  $x = r$ ; минимальное  $V_{\text{min}} = 0$  составит при  $x = 0$  и  $x = 2r$ . Максимальное значение ускорения транспортной доски  $a_{\text{max}} = r \cdot \omega^2$  будет при  $x = 0$  и при  $x = 2r$ ; минимальное ускорение  $a_{\text{min}} = 0$  составит при  $x = r$ .

Максимальная скорость транспортной доски определяется максимальной скоростью точки В шатуна СВ, которая, в свою очередь, зависит от угла поворота колебательного вала и радиуса его кривошипа  $r$ :

$$V = 28,5 \times 0,03 = 0,855 \text{ м/с};$$

$$\text{при этом } \omega = 3,14 \times 272,28 / 30 = 28,5 \text{ с}^{-1};$$

$$n_{\text{кр}} = 754 \times 13 / 36 = 272,28 \text{ мин}^{-1}$$

Время одного колебания транспортной доски ( $T_{\text{г}}$ ) должно быть больше времени свободного полета частицы с консоли ДТД ( $t_{\text{п}}$ ), тем самым должно соблюдаться условие (4):

$$T_{\text{г}} \geq t_{\text{п}} \quad (4)$$

Время одного оборота вала кривошипа определяется зависимостью (5):

$$T_{\text{г}} = \frac{60}{n_{\text{кр}}} = \frac{2\pi}{\omega} \quad (5)$$

В нашем случае:

$$T_r = 2 \times 3,14 / 28,5 = 0,22 \text{ с}$$

Исходя из анализа конструктивно-кинематической схемы привода грохота макетного образца, все точки ДТД будут иметь ту же скорость  $U_0 = V$ , направленную под углом  $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$  к горизонтали, где  $\alpha_1$  – угол наклона к горизонтали плоскости основания транспортной доски в момент ее максимальной скорости в сторону очистки;  $\alpha_2$  – угол наклона ступени транспортной доски к плоскости ее основания (гипотенуза транспортирующего гребня).

Для определения величины  $\alpha_2$  используем зависимость (6):

$$\alpha_2 = \arctg \left( \frac{h_r}{b_r} \right) \quad (6)$$

где  $h_r$  и  $b_r$  – высота и основание гребня по фактическим замерам (составляют соответственно 15 и 50 мм).

Тогда получим:

$$\alpha_2 = \arctg (15/50) = 0,2915 \text{ рад.} = 16,7^\circ$$

По фактическим данным графического построения в масштабе схемы привода транспортной доски, представленной на рисунке 2,  $\alpha_1 \approx 3^\circ$ .

Таким образом:

$$\alpha = 3 + 16,7 = 19,7^\circ$$

После достижения максимальной скорости при движении транспортной доски назад, транспортная доска начинает уменьшать скорость движения  $V_x$  до нуля, а зерно сои или иной компонент мелкого соевого вороха по инерции продолжает двигаться в заданном направлении, преодолевая силу трения на поверхности гребня и сопротивление воздуха. В момент отрыва частица мелкого вороха рассматривается как материальная точка, обладающая массой  $m$ .

Падение частицы происходит в двух возможных направлениях:

1) вертикально вниз (свободное падение) от точки отрыва;

2) по касательной к траектории движения точки В рычага ВЕ.

Рассмотрим первый случай, как наиболее неблагоприятный. Примем зерно сои или другую частицу мелкого

соевого вороха за материальную точку массой  $m$ , падающую от точки отрыва с ДТД без начальной скорости свободно и вертикально вниз. На все тела, падающие в пустоте (без учета сопротивления воздуха), действует только сила тяжести, поэтому они падают равноускоренно. Ускорение свободного падения (силы тяжести) для средних широт ( $g$ ) равно  $9,81 \text{ м/с}^2$ . Частица, сброшенная из неподвижной точки через  $t$  секунд свободного падения будет иметь вертикальную скорость (7):

$$V_{\text{верт}} = g \cdot t \quad (7)$$

Конечная скорость частицы будет определяться выражением (8), а средняя скорость падения частицы в пустоте в данном случае находится из выражения (9):

$$V_{\text{кон}}^B = g \cdot t_{\text{п}} \quad (8)$$

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{кон}}}{2} \quad (9)$$

Путь по вертикали ( $Y$ ), который частица пройдет за время ( $t_{\text{п}}$ ), составит:

$$Y = V_{\text{ср}} \cdot t_{\text{п}} \quad (10)$$

Принимая  $Y = H$ , а  $t_{\text{п}} = T$ , получим:

$$H = V_{\text{ср}} \cdot T = \frac{g \cdot T^2}{2} \quad (11)$$

Откуда время падения частицы в пустоте равно:

$$T = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (12)$$

С учетом формулы (12), время падения частицы в пустоте, сброшенной с высоты  $H = 0,14 \text{ м}$ , при продольном колебании дополнительной и основной транспортной доски, составит  $0,169$  секунд.

Если частица сброшена под углом  $\alpha$  к горизонтальному решету, продолжаясь двигаться в том же направлении на  $30 \text{ мм}$ , а затем на  $60 \text{ мм}$  в обратном, со средней скоростью, составляющей  $U/2 = 0,855/2 = 0,427 \text{ м/с}$ . За

время полета частицы решето переместится на расстояние  $0,427 \times 0,169 = 0,072$  м, то есть сдвинется вперед на 1,2 см.

Если начальная скорость частицы в новой системе координат в момент отрыва от транспортной доски равна максимальной скорости последней ( $U_0$ ) и направлена назад под углом  $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ , то горизонтальная составляющая скорости ее полета будет определяться выражением (13):

$$U_r = U_0 \cdot \cos \alpha = U_0 \cdot \cos(\alpha_1 + \alpha_2) \quad (13)$$

Опускаясь под влиянием силы тяжести, частица одновременно будет смещаться по горизонтали с постоянной скоростью, равной  $U_r$ , и за время падения  $T$  пройдет определенный путь. Этот путь можно определить, как относ частицы по верхнему решету (14):

$$S = U_r \cdot T \quad (14)$$

В нашем случае значение величины пути ( $S$ ) составит 0,136 м.

Конечная скорость частицы, сброшенной с ДТД, будет равна геометрической сумме вертикальной и горизонтальной скоростей частицы (15):

$$U_{\text{кон}} = \sqrt{(U_r)^2 + (V_{\text{кон}}^B)^2} = \sqrt{\omega^2 \cdot r^2 \cdot \cos^2(\alpha_1 + \alpha_2) + 2 \cdot g \cdot H} \quad (15)$$

Подставляя значения параметров в формулу (15), получим значение конечной скорости частицы, равное 1,84 м/с.

Угол падения частицы ( $\theta$ ) (угол, составленный вектором скорости частицы и горизонтом верхнего решета) определяется по формуле (16):

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\sqrt{2gH}}{U_r} \quad (16)$$

Произведя необходимые расчеты, получим угол падения частицы, равный 1,118651 рад. или 64,09°.

Таким образом, можно заключить, что: 1) при падении в пустоте относ и

время падения частицы не зависят от веса или формы частицы;

2) в пустоте все частицы мелкого соевого вороха независимо от их формы и веса падают одинаково;

3) время одного колебания грохота больше времени свободного полета частицы с конца дополнительной транспортной доски, то есть:

$$T_r = 0,22 \text{ с} > t_n = 0,169 \text{ с}$$

Для исключения попадания частиц мелкого соевого вороха из-под второго молотильного барабана, соломотряса и домолачивающего устройства на первую половину верхнего решета при номинальных режимах очистки комбайна вылет ДТД ( $l_b$ ) должен составлять не менее:

$$l_b = \frac{L_p}{2} - S \quad (17)$$

где  $L_p$  – длина верхнего решета решетного стана, м.

Таким образом, получим:

$$l_b = 1,0/2 - 0,136 = 0,364 \text{ м.}$$

**При стендовых исследованиях скорости воздушного потока, создаваемого вентилятором очистки с автономным частотно регулируемым электроприводом, число оборотов вентилятора достигало 1 015 мин<sup>-1</sup>.** Для проверки эффективной работы штатного привода грохота при таких режимах по условию выражения (4) и согласно зависимостей (2):

$$\omega_1 = 2 \times 3,14 / 0,169 = 37,18 \text{ с}^{-1};$$

$$T_{r1} = 2 \times 3,14 / 37,18 = 0,169 \text{ с};$$

$$n_{\text{кр}} = 30 \times 37,18 / 3,14 = 355,04 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_b = 355,04 \times 36 / 13 = 983 \text{ мин}^{-1}.$$

При этом максимально возможная скорость ДТД составит:

$$U_0 = V \leq \omega_1 \times r$$

$$37,18 \times 0,03 = 1,115 \text{ м/с}$$

Частицы (зерно) отделяются от края ДТД с начальной скоростью  $U_0$  под минимальным углом  $\alpha_1 + \alpha_2 = \alpha$ , тогда горизонтальная составляющая определяется согласно выражению (13). Так как высота падения частицы небольшая, можно не учитывать сопротивление воздуха и считать, что частицы движутся по параболам, уравнения которых и дальность относ

частиц (зерна) определяются с использованием выражений (18) и (19):

$$x = U_r \cdot \sqrt{\frac{2y}{g}}, \quad (18)$$

$$S = U_r \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (19)$$

где  $H$  – высота сбрасывания с ДТД.

Если частицы лежат на слое мелко-го вороха, то высота ( $H$ ) верхних слоев и дальность отбоя ( $S$ ) больше, чем в нижних слоях.

Поскольку вал толкателя транспортной доски кинематически зависим от вала вентилятора очистки, то горизонтальная составляющая начальной скорости частиц при номинальном режиме и максимально возможном значении числа оборотов вентилятора ( $n_{\text{вн}} = 754 \text{ мин}^{-1}$ ,  $n_{\text{вм}} = 983 \text{ мин}^{-1}$ ), согласно формуле (13), составит:

$$0,855 \times 0,9415 = 0,805 \text{ м/с};$$

$$1,115 \times 0,9415 = 1,05 \text{ м/с}$$

В этих случаях отбоя частицы (зерна), с учетом выражения (19) и при высоте сбрасывания с ДТД, равной 0,14 м, составит 0,136 и 0,177 м.

Это означает, что без изменения конструкции привода вала толкателя, связанного с валом вентилятора, и номинальном числе оборотов последнего, следует удлинить вылет ДТД до 364 мм или при существующем вылете в 320 мм увеличить число оборотов вентилятора до 983  $\text{мин}^{-1}$ .

Для вылета дополнительной транспортной доски в 320 мм, принимая, что  $S = 0,18$  м, определим по формулам (13), (19) и (20) необходимую скорость отрыва от транспортной доски  $U_0$  и соответствующую частоту вращения кривошипного вала толкателя транспортной доски:

$$U_0 = \frac{S}{\sqrt{\frac{2H}{g} \cos(\alpha_1 + \alpha_2)}}, \quad (20)$$

$$\omega = \frac{U_0}{r} = \frac{\pi \cdot n_{\text{кр}}}{30}; \quad n_{\text{кр}} = \frac{30 \cdot U_0}{\pi \cdot r}$$

$$\text{или } n_{\text{кр}} = \frac{30 \cdot S}{\pi \cdot r \sqrt{\frac{2H}{g} \cdot \cos(\alpha_1 + \alpha_2)}} \quad (21)$$

Подставляя данные, получим:

$$U_0 = 1,13 \text{ м/с}; \quad n_{\text{кр}} = 360,1 \text{ мин}^{-1}$$

При частоте вращения вентилятора ( $n_{\text{в}}$ ), равной 754  $\text{мин}^{-1}$ , частота толкателя ( $n_{\text{кр}}$ ) составляет 272,28 < 360  $\text{мин}^{-1}$ .

Для обеспечения необходимой частоты колебаний грохота при прежней частоте вращения вентилятора (754  $\text{мин}^{-1}$ ), нужно вал кривошипа толкателя грохота оснастить звездочкой с числом зубьев не более:  $754 \times 13 / 360,1 = 27,22$ .

Другой вариант предполагает, не изменяя конструкции привода толкателя, сделать его независимым от оборотов вентилятора. Тогда при вылете дополнительной транспортной доски в 320 мм и обеспечении штатной частоты вала кривошипа толкателя 272,28  $\text{мин}^{-1}$ , необходимо сохранить нужную скорость отрыва от дополнительной транспортной доски за счет увеличения радиуса кривошипа на 10 мм.

Данные возможные варианты расчета сочетаний конструктивно-кинематических параметров ДТД модернизируемого образца комбайна, теоретически обеспечивающие с учетом принятых допущений попадание зерна сои на вторую половину верхнего решета, приведены в таблице 1.

Руководствуясь практическими соображениями, предпочтительнее первый, либо четвертый варианты сочетаний конструктивно-кинематических параметров привода грохота комбайна. При этом оба варианта перспективны в плане дальнейшей автоматизации управления работой воздушно-решетной очистки с приводом, кинематически независимым от работы вентилятора.

*Рассмотрев свободный полет частицы мелкого соевого вороха с ДТД, определим величину ее отбоя в случае воздействия на нее наклонного воздушно-го потока.*

На рисунке 3 приведена схема наклонного воздушно-го потока от штатного вентилятора для ДТД. При рассмотрении процесса разделения мелко-го вороха на фракции (зерно целое, дробленое, солома и солома) принимаем следующие допущения. Считаем, что:

1) воздушный канал от вентилятора плоский, его скорость по величине и направлению постоянна в любой точке;

**Таблица 1 – Варианты сочетаний конструктивно-кинематических параметров привода ДТД макетного образца модернизируемого комбайна с двухфазной схемой обмолота и двухпоточной системой воздушно-решетной очистки для уборки сои на семенные цели**

**Table 1 – Variants of combinations of design and kinematic parameters of the DTD drive of a mock-up sample of an upgraded combine with a two-phase threshing circuit and a two-stream air-sieve cleaning system for harvesting soybeans for seed purposes**

| Параметры  | Варианты расчета |       |               |             |
|--|------------------|-------|---------------|-------------|
|  | 1                | 2     | 3             | 4           |
| Уклон транспортной доски $\alpha_1$ , град.                    | 3                | 3     | 3             | 3           |
| Уклон гребня транспортной доски $\alpha_2$ , град.             | 16,7             | 16,7  | 16,7          | 16,7        |
| Основание гребня $b_1$ , мм                                    | 50               | 50    | 50            | 50          |
| Высота гребня $h_1$ , мм                                       | 15               | 15    | 15            | 15          |
| Радиус кривошипа привода $r$ , м                               | 0,03             | 0,03  | 0,03          | 0,0396      |
| Обороты вентилятора $n_b$ , мин <sup>-1</sup>                  | 754              | 983   | 754 (737)     | 754 (1 015) |
| Звездочка $Z_1$  | 13               | 13    | 13            | 13          |
| Звездочка $Z_2$  | 36               | 36    | 27            | 36          |
| Передаточное отношение $i$                                     | 2,77             | 2,77  | 2,077         | 2,77        |
| Обороты кривошипа $n_{кр}$ , мин <sup>-1</sup>                 | 272,28           | 355   | 363 (355)     | 272,28      |
| Угловая скорость кривошипа $\omega$ , с <sup>-1</sup>          | 28,56            | 37,18 | 38,01 (37,18) | 28,56       |
| Период колебаний грохота $T_r$ , с                             | 0,22             | 0,169 | 0,167 (0,169) | 0,22        |
| Высота падения частиц $H$ , м                                  | 0,14             | 0,14  | 0,14          | 0,14        |
| Время свободного падения частиц $t_{п} = T$ , с                | 0,169            | 0,169 | 0,169         | 0,169       |
| Скорость отрыва частиц мелкого вороха $U_o$ , м/с              | 0,855            | 1,115 | 1,13 (1,115)  | 1,13        |
| Горизонтальная составляющая скорости отрыва частиц $U_r$ , м/с | 0,805            | 1,05  | 1,064 (1,05)  | 1,064       |
| Относ. частиц вороха $S$ , м                                   | 0,136            | 0,177 | 0,180         | 0,180       |
| Конечная скорость $V_{кон}$ , м/с                              | 1,84             | 1,962 | 1,975         | 1,97        |
| Угол падения на решето $Q$ , град.                             | 64,09            | 57,64 | 57,28 (57,64) | 57,28       |
| Вылет дополнительной транспортной доски $l_b$ , мм             | 364              | 320   | 320           | 320         |

2) частицы зерновой смеси перемещаются в потоке свободно, как материальные тела, без столкновения между собой.

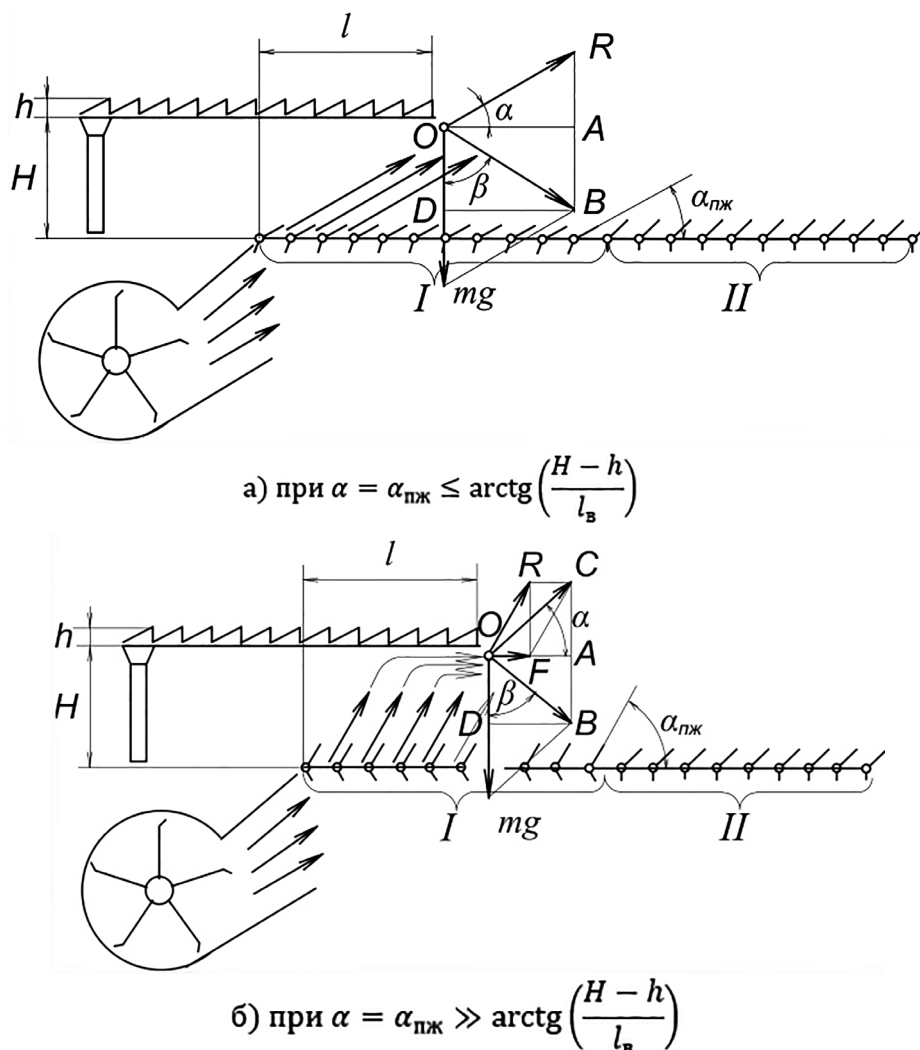
Рассмотрим случай, когда начальная скорость зерна равна нулю. На зерно в этом случае действуют следующие силы:

$$m \times g - \text{вес зерна};$$

$$R = m \times k_n \times C^2 - \text{сила действия наклонного воздушного потока}$$

Сила  $R$  имеет такое же направление, как и скорость потока  $C$ . Здесь  $k_n$  – коэффициент парусности, который определяется как  $g/(V_{кр}^2)$ , где  $V_{кр}$  – критическая скорость (скорость витания).





**Рисунок 3 – Схема наклонного воздушного потока для частиц мелкого соевого вороха, падающего с ДТД модернизируемого комбайна**  
**Figure 3 – Diagram of an inclined air flow for particles of small soybean heaps falling from the DTD of an upgraded combine**

При этом направление абсолютной скорости зерна совпадает с направлением равнодействующей векторов веса зерна и силы действия наклонного воздушного потока (рис. 3, а).

Из  $\triangle OBD$  (рис. 3, а) угол  $\beta$  отклонения вектора абсолютной скорости частиц мелкого соевого вороха в начале движения от вертикали определяется согласно формуле (22):

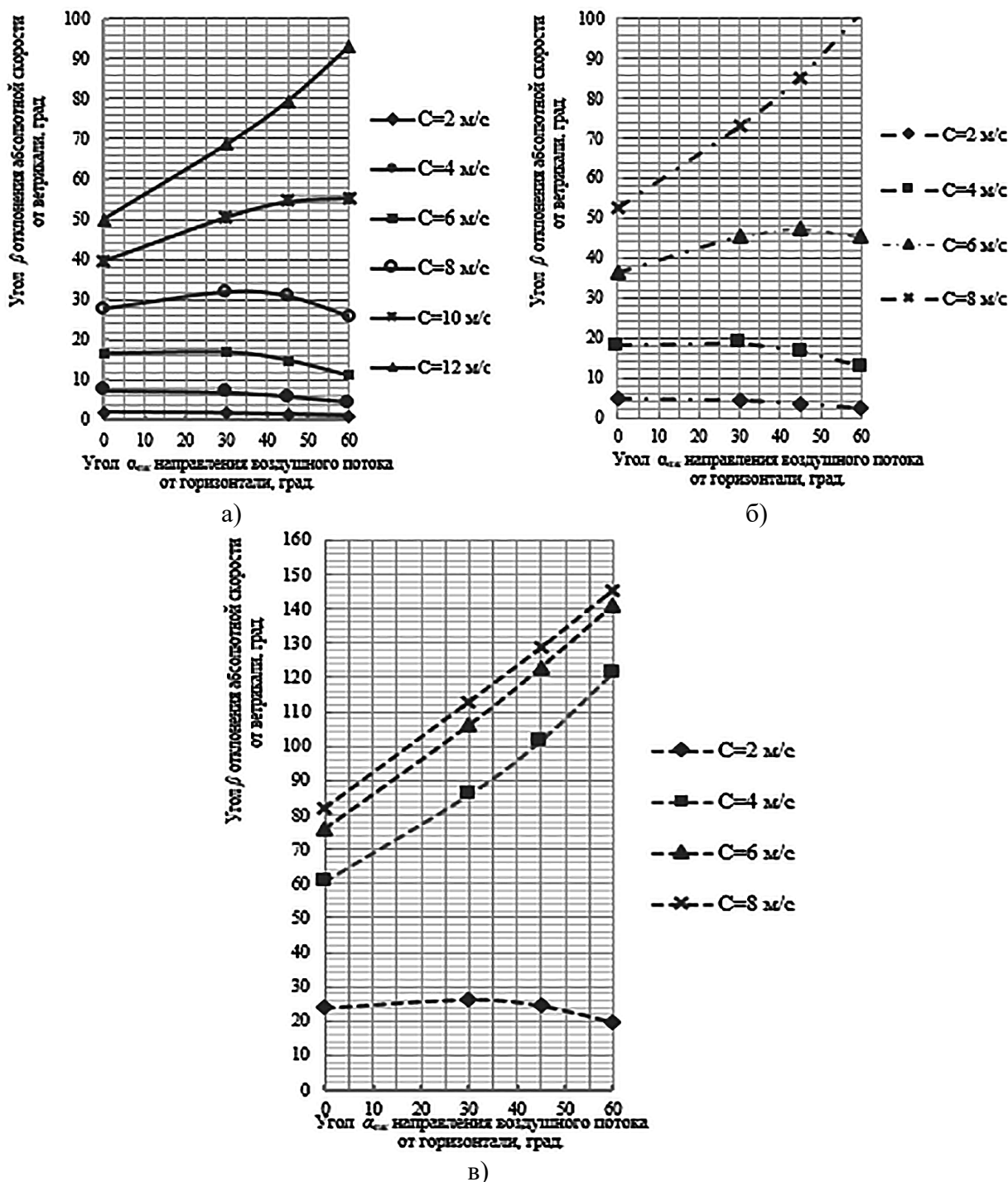
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{C^2 \cdot \cos \alpha}{V_{кр}^2 - C^2 \cdot \sin \alpha} \quad (22)$$

На рисунке 4 представлены зависимости отклонения вектора абсолютной

скорости частиц вороха, иллюстрирующие расчеты по формуле (22).

При этом скорости витания для целого, дробленого зерна сои и соевой половины при расчетах принимались по данным таблицы 2 и определялись как средние значения данных, полученных авторами экспериментально на парусном классификаторе для сои трех сортов.

Из анализа рисунка 4 можно заключить, что равномерный по всей высоте падения частиц с ДТД наклонный воздушный поток оказывает наибольшее отклоняющее влияние для предкритических скоростей: целого зерна сои при скорости потока 8 м/с; дробленого зерна при скорости потока 5 м/с; а для половины с соломой



а) зерно сои при скорости витания 11 м/с; б) дробленое зерно сои при скорости витания 7 м/с; в) солома, солома при скорости витания 3 м/с  
 Рисунок 4 – Зависимости угла  $\beta$  отклонения вектора абсолютной скорости частиц мелкого соевого вороха от вертикали для различных значений реальной скорости воздушного потока и его направления, определяемого углом  $\alpha_{пж}$  направления воздушного потока от горизонтали, задаваемого положением планок жалюзи верхнего решета

Figure 4 – Dependences of the angle  $\beta$  of the deviation of the vector of the absolute velocity of the particles of small soybean heap from the vertical for different values of the real velocity of the air flow and its direction, determined by the angle  $\alpha_{пж}$  of the direction of the air flow from the horizontal set by the position of the slats of the blinds of the upper sieve

**Таблица 2 – Аэродинамические характеристики некоторых сортов сои**  
**Table 2 – Aerodynamic characteristics of some soybean varieties**

| Показатели             | Фракции мелкого соевого вороха |                 |             |
|------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------|
|                        | полова, стебли                 | дробленое зерно | целое зерно |
| <i>Сентябринка</i>     |                                |                 |             |
| Масса 1 000 зерен, г   | –                              | –               | 156,1       |
| Скорость витания, м/с  | 3                              | 7               | 12,0        |
| Коэффициент парусности | 1,08                           | 0,20            | 0,068       |
| <i>ВНИИС 18</i>        |                                |                 |             |
| Масса 1 000 зерен, г   | –                              | –               | 181,8       |
| Скорость витания, м/с  | 3                              | 8               | 14,5        |
| Коэффициент парусности | 1,08                           | 0,15            | 0,046       |
| <i>Лидия</i>           |                                |                 |             |
| Масса 1 000 зерен, г   | –                              | –               | 144,9       |
| Скорость витания, м/с  | 3                              | 7               | 11,0        |
| Коэффициент парусности | 1,08                           | 0,20            | 0,080       |

при скорости потока 2 м/с, соответствующих углу  $\alpha_{пж}$  в пределах 10–30°.

Предварительно (без установки ДТД) экспериментальная оценка цифровым анемометром модели СЕМ DT-8880 распределения горизонтальной составляющей реальной скорости воздушного потока по высоте 140 мм падения частиц вороха на длине вылета 320 мм с уровня верхней поверхности ДТД на верхнее решето при открытии планок жалюзи, определяющих угол  $\alpha_{пж} = 30^\circ$ , показана в виде графика на рисунке 5.

Из представленного рисунка 5 видно, что горизонтальная составляющая скорости наклонного воздушного потока при падении частиц не является однородной по величине, по абсолютной величине не достигает критической скорости, как для целого, так и для дробленого зерна при номинальном числе оборотов вентилятора, составляющем 754 мин<sup>-1</sup>, но превышает критическую скорость для половы, соломы. Это явно должно способствовать попаданию целого и дробленого зерна на вторую половину верхнего решета и созданию на ней псевдосжиженного слоя мелкого соевого вороха, а также хорошей сепарации обмолоченного зерна сои и удалению половы и соломы за пределы очистки при условии, что и на второй половине верхнего решета распределение скорости воздушного потока будет соответствующим.

При ранее рассмотренных вариантах вылета 320 и 360 мм высотой 20 мм и при условии наклона воздушного потока от первой половины верхнего решета, задаваемого положением планок его жалюзи при угле их наклона, большим или равным 30°, часть воздушного потока из-под жалюзи верхнего решета, встречаясь с консолью ДТД, формирует горизонтальный слой воздушного потока, уменьшающий угол направления вектора суммарной скорости воздушного потока у обреза ДТД до 16,1° и увеличивающий величину суммарной скорости потока в 1,34 раза.

Как следует из рисунка 5, при величине скорости воздушного потока, равной 3 м/с, ее значение составит 4,02 м/с.

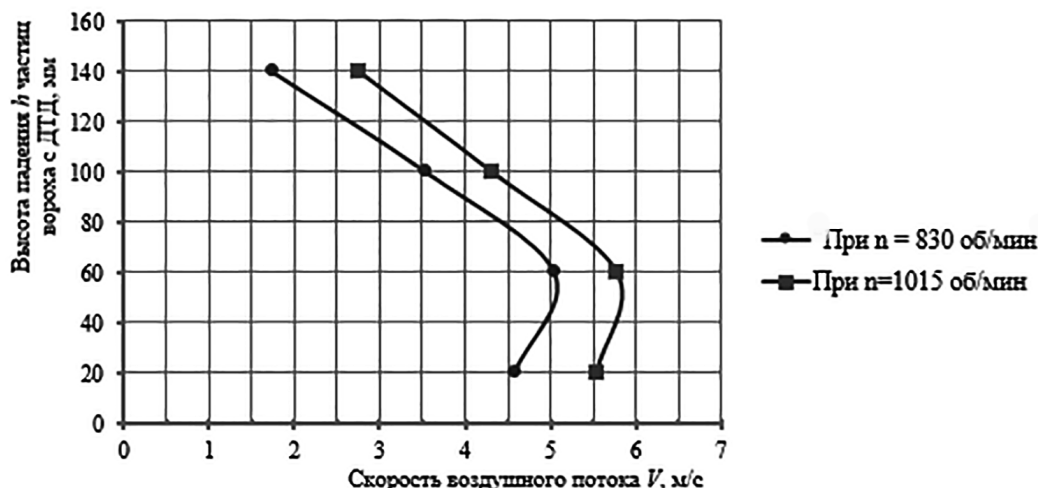
Подставляя расчетное значение суммарной скорости воздушного потока под обрезом ДТД (рис. 3, б) в формулу (22), получим, что отклонение вектора абсолютной скорости полета частицы мелкого соевого вороха от вертикали в начале движения, даже при ее начальной скорости, равной нулю, составит:

1) для целого зерна сои:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{4,02^2 \cdot \cos(16,1 \cdot \pi/180)}{11^2 - 4,02^2 \cdot \sin(16,1 \cdot \pi/180)} = 0,1333$$

тогда  $\beta = 0,1325$  рад (7,59°)

2) для дробленого зерна сои:



**Рисунок 5 – Распределение горизонтальной составляющей реальной скорости воздушного потока по высоте на длине вылета  $l_b = 320$  мм над верхним штатным решетом при открытии планок жалюзи  $\alpha_{пж} = 30^\circ$  на первой его половине**  
**Figure 5 – Distribution of the horizontal component of the real air flow velocity in height at the length of departure  $l_b = 320$  mm above the upper standard sieve when opening the slats of the blinds  $\alpha_{пж} = 30^\circ$  in its first half**

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{4,02^2 \cdot \cos(16,1 \cdot \pi/180)}{7^2 - 4,02^2 \cdot \sin(16,1 \cdot \pi/180)} = 0,3488$$

тогда  $\beta = 0,3356$  рад. ( $19,23^\circ$ )

3) для половины с соломой:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{4,02^2 \cdot \cos(16,1 \cdot \pi/180)}{3^2 - 4,02^2 \cdot \sin(16,1 \cdot \pi/180)} = 3,4362$$

тогда  $\beta = 1,2876$  рад. ( $73,77^\circ$ )

Используя зависимость  $S = 120\operatorname{tg}\beta$ , расчетное значение минимального отбоя с ДТД за счет отклонения наклонным воздушным потоком при  $\alpha_{пж} = 30^\circ$  составит для целого зерна сои – 16 мм, для дробленого зерна – 42 мм, а для половины с соломой – 412 мм. Тем самым под совместным действием инерционных сил при отрыве от ДТД и воздействия наклонного воздушного потока у ее обреза соломы, попадая на последнюю четверть верхнего решета, должны гарантированно улететь за пределы молотилки при условии, что и скорость наклонного воздушного потока над второй половиной верхнего решета будет не менее 4 м/с, что подтверждается графиком на рисунке 4, в.

**Заключение.** Для попадания частиц мелкого соевого вороха из-под второго молотильного барабана, соломотряса и домолачивающего устройства на вторую

половину верхнего решета при номинальных режимах очистки комбайна вылет ДТД должен быть не менее 364 мм, либо необходимо увеличить число оборотов вентилятора до 983 мин<sup>-1</sup>.

Теоретически обоснованы четыре варианта сочетаний конструктивно-режимных параметров ДТД модернизируемого комбайна, обеспечивающих попадание зерна сои из-под второго молотильного барабана на вторую половину верхнего решета с автономной регулировкой положения планок жалюзи. *Предпочтительнее варианты с удлинением вылета ДТД до 364 мм и без удлинения ДТД с увеличением радиуса кривошипа привода грохота комбайна до 40 мм.*

Данные варианты перспективны в связи с необходимостью дальнейшей автоматизации управления работой воздушно-решетной очистки с приводом грохота, кинематически независимым от режима работы вентилятора.

*Таким образом, целое и дробленое зерно сои с учетом совместного действия инерционных сил при отрыве от ДТД и воздействия наклонного воздушного потока должны гарантированно попадать на вторую половину верхнего решета, что позволит обеспечить качество первой (семенной) фракции сои.*

**Список источников**

1. Kalinouski A. Aerodynamic calculation of the combine harvester cleaning system in second formulation // *Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials*. 2024. No. 2. P. 53–60. doi: 10.46864/1995-0470-2024-2-67-53-60.
2. Lovchikov A. P., Ognev I. I. To the development of sieve combination of the combine harvester cleaning system // *AIP Conference Proceedings : International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2021*. Sevastopol : American Institute of Physics Inc., 2022. P. 030005. doi: 10.1063/5.0099725.
3. Lovchikov A. P., Ognev I. I. Theoretical background for combination of sieves of combine harvester cleaning system // *AIP Conference Proceedings : International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2021*. Sevastopol : American Institute of Physics Inc., 2022. P. 030006. doi: 10.1063/5.0099726.
4. Wei L., Kai Zh., Gang L., Huaichu D., Chunpeng Zh. An improved fuzzy logic control method for combine harvester's cleaning system // *Automatic Control and Computer Sciences*. 2022. Vol. 56. P. 337–346. doi: 10.3103/S0146411622040058.
5. Badretdinov I. D., Mudarisov S. G., Khaliullin D. T. Examination of the airflow uneven distribution over the combine harvester cleaning system // *Mathematical Modelling of Engineering Problems*. 2022. Vol. 9. No. 2. P. 371–378. doi: 10.18280/mmep.090210.
6. Рудой Д. В., Алексаков Ю. Ф., Голев Б. Ю., Мальцева Т. А. Предпосылки и пути совершенствования ветро-решетной системы очистки зерноуборочных комбайнов // *Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2023. № 194. С. 192–202. doi: 10.21515/1990-4665-194-017.
7. Присяжная И. М., Присяжная С. П. Определение конструктивных параметров дополнительной транспортной и скатной досок в комбайне двухфазного обмолота для сепарации семян сои // *Агронаука*. 2024. Т. 2. № 1. С. 78–89. doi: 10.24412/2949-2211-2024-2-1-78-89.
8. Присяжная И. М., Присяжная С. П., Синеговская В. Т., Бумбар И. В., Перепелкина Л. И., Кузин В. Ф. [и др.]. Совершенствование комбайна двухфазного обмолота для получения качественных семян сои // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2018. № 4 (48). С. 277–283. doi: 10.24411/1999-6837-2018-14116.
9. Присяжная И. М., Присяжная С. П., Липкань А. В. Разработка адаптирующих устройств комбайна для получения качественных семян при уборке сои // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2023. № 2. С. 84–88. doi: 10.31857/2500-2082/2023/2/84-88.

**References**

1. Kalinouski A. Aerodynamic calculation of the combine harvester cleaning system in second formulation. *Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials*, 2024;2:53–60. doi: 10.46864/1995-0470-2024-2-67-53-60.
2. Lovchikov A. P., Ognev I. I. To the development of sieve combination of the combine harvester cleaning system. *Proceedings from AIP Conference Proceedings: International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2021*. (PP. 03005), Sevastopol, American Institute of Physics Inc., 2022. doi: 10.1063/5.0099725.
3. Lovchikov A. P., Ognev I. I. Theoretical background for combination of sieves of combine harvester cleaning system. *Proceedings from AIP Conference Proceedings: International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2021*. (PP. 030006), Sevastopol, American Institute of Physics Inc., 2022. doi: 10.1063/5.0099726.
4. Wei L., Kai Zh., Gang L., Huaichu D., Chunpeng Zh. An improved fuzzy logic control method for combine harvester's cleaning system. *Automatic Control and Computer Sciences*, 2022;56:337–346. doi: 10.3103/S0146411622040058.
5. Badretdinov I. D., Mudarisov S. G., Khaliullin D. T. Examination of the airflow uneven distribution over the combine harvester cleaning system. *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 2022;9;2:371–378. doi: 10.18280/mmep.090210.

6. Rudoy D. V., Aleksakov Yu. F., Golev B. Yu., Maltseva T. A. Prerequisites and ways to improve the wind-sieve cleaning system of combine harvesters. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023;194:192–202. doi: 10.21515/1990-4665-194-017 (in Russ.).

7. Prisyazhnaya I. M., Prisyazhnaya S. P. Determination of the design parameters of additional transport and pitched boards in a two-phase threshing combine for the separation of soybean seeds. *Agronauka*, 2024;2;1:78–89. doi: 10.24412/2949-2211-2024-2-1-78-89 (in Russ.).

8. Prisyazhnaya I. M., Prisyazhnaya S. P., Sinegovskaya V. T., Bumber I. V., Perepelkina L. I., Kuzin V. F. [et al.]. Improvement of the two-phase threshing combine for obtaining high-quality soybean seeds. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2018;4(48):277–283. doi: 10.24411/1999-6837-2018-14116 (in Russ.).

9. Prisyazhnaya I. M., Prisyazhnaya S. P., Lipkan A. V. Development of adaptive combine harvester devices for obtaining high-quality seeds during soybean harvesting. *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2023;2:84–88. doi: 10.31857/2500-2082/2023/2/84-88 (in Russ.).

© Липкань А. В., Сахаров В. А., Усанов В. С., Кувшинов А. А., 2024

Статья поступила в редакцию 22.07.2024; одобрена после рецензирования 17.08.2024; принята к публикации 19.08.2024.

The article was submitted 22.07.2024; approved after reviewing 17.08.2024; accepted for publication 19.08.2024.

### Информация об авторах

**Липкань Александр Васильевич**, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0002-2769-6672, Author ID: 610444, [lav-blg@mail.ru](mailto:lav-blg@mail.ru);

**Сахаров Владимир Александрович**, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0003-3471-301X, Author ID: 959033, [sva@vniisoi.ru](mailto:sva@vniisoi.ru);

**Усанов Вячеслав Сергеевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0002-4288-9835, Author ID: 876149, [uvs@vniisoi.ru](mailto:uvs@vniisoi.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

**Alexander V. Lipkan**, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0002-2769-6672, Author ID: 610444, [lav-blg@mail.ru](mailto:lav-blg@mail.ru);

**Vladimir A. Sakharov**, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0003-3471-301X, Author ID: 959033, [sva@vniisoi.ru](mailto:sva@vniisoi.ru);

**Vyacheslav S. Usanov**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0002-4288-9835, Author ID: 876149, [uvs@vniisoi.ru](mailto:uvs@vniisoi.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 631.331.001.5

EDN MJLYUT

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-118-125>

### Исследования комбинированного посевного агрегата

Даба Нимаевич Раднаев<sup>1</sup>, Баирма Ефимовна Дамбаева<sup>2</sup>,  
Дугар-Цырен Баярович Бадмацыренов<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова  
Республика Бурятия, Улан-Удэ, Россия

<sup>1</sup> [daba01@mail.ru](mailto:daba01@mail.ru), <sup>2</sup> [baira86@mail.ru](mailto:baira86@mail.ru), <sup>3</sup> [dygar-avto03@mail.ru](mailto:dygar-avto03@mail.ru)

**Аннотация.** В условиях Республики Бурятия, для которых характерны недостаточное увлажнение и легкие супесчаные почвы, вредна многократная обработка. По результатам проведенного исследования доказано, что проходы по полю комбинированных агрегатов, выполняющих несколько операций, приводят к снижению уплотнения и распыления почвы по сравнению с проведением отдельных операций. Обосновано распространение комбинированных машин и агрегатов, выполняющих за один проход несколько операций – вспашку, культивацию, боронование и прикатывание, предпосевную обработку почвы и посев, внесение удобрений, гербицидов или других химикатов. Проведен анализ условий, где применение комбинированных машин уменьшает вредное воздействие колесных движителей на почву, сокращает сроки проведения операций, повышает качество работ и производительность труда, снижает производственные затраты. При этом комбинированные машины и агрегаты должны содержать набор рабочих органов для одновременного выполнения лишь тех операций, которые можно совмещать во времени без нарушения агротехники, сроков и качества их выполнения.

**Ключевые слова:** раздельная технология, совмещение операций, обработка почвы и посев, эффективность комбинированных агрегатов

**Для цитирования:** Раднаев Д. Н., Дамбаева Б. Е., Бадмацыренов Д.-Ц. Б. Исследования комбинированного посевного агрегата // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 118–125. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-118-125>.

Original article

### Research on combined seeding unit

Daba N. Radnaev<sup>1</sup>, Bairma E. Dambaeva<sup>2</sup>, Dugar-Tsyren B. Badmatsyrenov<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov

Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Russian Federation

<sup>1</sup> [daba01@mail.ru](mailto:daba01@mail.ru), <sup>2</sup> [baira86@mail.ru](mailto:baira86@mail.ru), <sup>3</sup> [dygar-avto03@mail.ru](mailto:dygar-avto03@mail.ru)

**Abstract.** Multiple passes of combined units across the field, associated with the need to perform several operations, inevitably lead to excessive compaction and spraying of the soil. Repeated treatment is especially harmful in the conditions of the Republic of Buryatia, where there is insufficient moisture and light sandy loam soils. In this regard, combined machines and units are becoming widespread, performing several operations in one pass: for example, plowing, cultivating, harrowing and rolling, pre-sowing tillage and sowing, applying fertilizers, herbicides or other chemicals. The use of combined machines reduces the harmful effects of wheeled propulsion on the soil, reduces the time required for operations, improves the quality of work and labor productivity, and reduces production costs. Combined machines and units must contain a set of working parts to simultaneously perform only those operations that can be combined in time without violating agricultural technology, timing and quality of execution.

**Keywords:** separate technology, combination of operations, tillage and sowing, efficiency of combined units

**For citation:** Radnaev D. N., Dambaeva B. E., Badmatsyrenov D.-Ts. B. Research on combined seeding unit. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;3:118–125. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-118-125>.

**Введение.** Накопленный агрономический опыт об оптимальных сроках проведения отдельных сельскохозяйственных операций, а также внедрение в ближайшее время в сельское хозяйство мощных тракторов дают основание и возможность для разработки и применения агрегатов, совмещающих несколько операций [1–5].

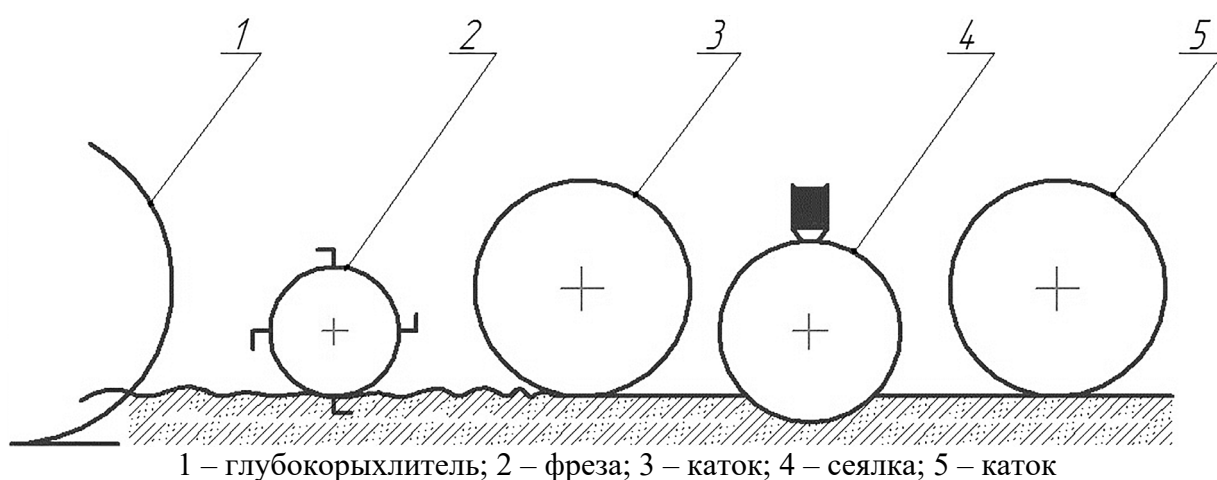
При возделывании зерновых культур изучались вопросы использования комбинированных агрегатов, совмещающих предпосевную обработку почвы и посев. Проведение работ по совмещению указанных операций диктуется тем, что при этом сокращается число проходов машин по полю, действующих разрушительно на структуру почвы; уменьшается количество занятых на данных работах людей и тракторов; увеличивается годовая нагрузка энергонасыщенных тракторов [6–10].

Комбинированные агрегаты позволят выполнять предпосевную обработку почвы и посев как единый технологический процесс, то есть разрыв между этими операциями будет полностью исключен. Можно предполагать, что агрегат для одновременного выполнения операций предпосевной подготовки почвы и посева

даст возможность положить семена в более влажную почву, что, в свою очередь, будет способствовать лучшему их набуханию и прорастанию.

Опыты по совмещению операций дали возможность изучить некоторые вопросы технологических и технических возможностей комплексных агрегатов, состоящих из производственных машин. Существует возможность исследовать влияние технологического приема совмещения операций на полевую всхожесть семян, динамику появления всходов, равномерность заделки семян по глубине, состояние почвы, динамику нарастания среднего веса корня, засоренность посевов, урожай, а также эксплуатационные и экономические показатели [11, 12].

**Условия и методика исследования.** Исходя из изложенного, нами проводилось исследование рациональной технологии совмещенных операций при посеве зерновых культур. Для этого был разработан комбинированный агрегат шириной захвата 3,6 метра, позволяющий за один проход выполнить несколько операций. Его технологическая схема показана на рисунке 1.



1 – глубокорыхлитель; 2 – фреза; 3 – каток; 4 – сеялка; 5 – каток  
1 – deep ripper; 2 – cutter; 3 – roller; 4 – seeder; 5 – roller

**Рисунок 1 – Технологическая схема обработки почвы и посева комбинированным агрегатом**

**Figure 1 – Technological scheme of soil cultivation and sowing with a combined unit**



Агрегат выполняет одновременно следующие операции: глубокое рыхление почвы на глубину 20–25 см; фрезерование на глубину посева (6–8 см); прикатывание взрыхленного слоя почвы; посев и вторичное прикатывание.

Испытания макета комбинированного агрегата проводились в сравнении с существующими сельскохозяйственными машинами, выполняющими те же операции раздельно. При этом определялись их агротехнические и энергетические показатели. Качество подготовки почвы под посев яровой пшеницы рассматриваемыми агрегатами устанавливалось ее фракционным составом.

**Результаты исследований и их обсуждение.** По результатам экспериментальных данных построен график, показывающий зависимость качества подготовки почвы от скорости движения (рис. 2).

Анализ графика показывает, что комбинированный агрегат удовлетворительно выполняет предусмотренный процесс подготовки почвы под посев за один проход по фону (стерня ярового ячменя).

Среднее количество комков фракции 0–50 мм составляет 91 % при скорости вращения фрезы 630 об/мин и 88,5 % при скорости вращения фрезы 450 об/мин.

Среднее количество комков размером, превышающим 50 мм, достигает соответственно 9 и 11,5 %; комков размером 100 мм и более – 1,2 и 5,9 % соответственно.

Увеличение поступательной скорости движения агрегата с 6,7 до 9,7 км/ч не оказало отрицательного влияния на фракционный состав почвы.

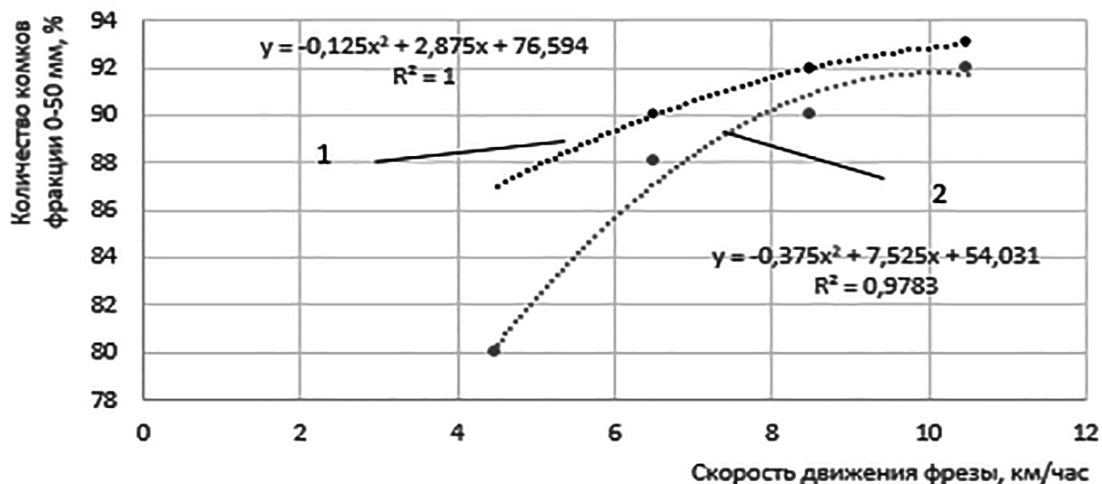
На контрольном участке для подготовки почвы под посев использовались орудия: плуг, кольчатый шпоровый каток ЗККШ-6 и бороны средние «зигзаг». Для лучшей подготовки почвы под посев боронование выполнялось в четыре прохода, прикатывание в два прохода.

Фракционный состав почвы характеризовался следующими показателями:

1) среднее количество комков фракции 0–50 мм составляло 91,1 %, то есть несколько меньше по сравнению с комбинированным агрегатом;

2) среднее количество комков размером 100 мм и более – 6,4 %, что несколько больше по сравнению с соответствующими показателями, полученными после прохода опытного агрегата.

Данные таблицы 1 показывают, что комбинированный агрегат за один проход обеспечивает более равномерную глубину



агрофон – стерня ярового ячменя;  
 1 – скорость вращения фрезы 630 об/мин; 2 – скорость вращения фрезы 450 об/мин.  
 agricultural background – stubble of spring barley;  
 1 – cutter rotation speed 630 rpm; 2 – cutter rotation speed 450 rpm

**Рисунок 2 – График зависимости качества подготовки почвы от скорости движения фрезы**

**Figure 2 – Graph of the dependence of soil preparation quality on cutter speed**

**Таблица 1 – Сравнение глубины обработки почвы за один проход**  
**Table 1 – Comparison of the depth of tillage in one pass**

| Варианты опытов   | Средняя глубина обработки, см | Среднестатистическое отклонение, см | Коэффициент вариации, % |
|---|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Комбинированная машина (глубококорытитель + фреза + каток + сеялка + каток) | 25,8                          | ±2,14                               | 8,35                    |
| Плуг + кольчатый каток + бороны «зигзаг» + сеялка (контроль)                | 26,2                          | ±2,80                               | 10,70                   |

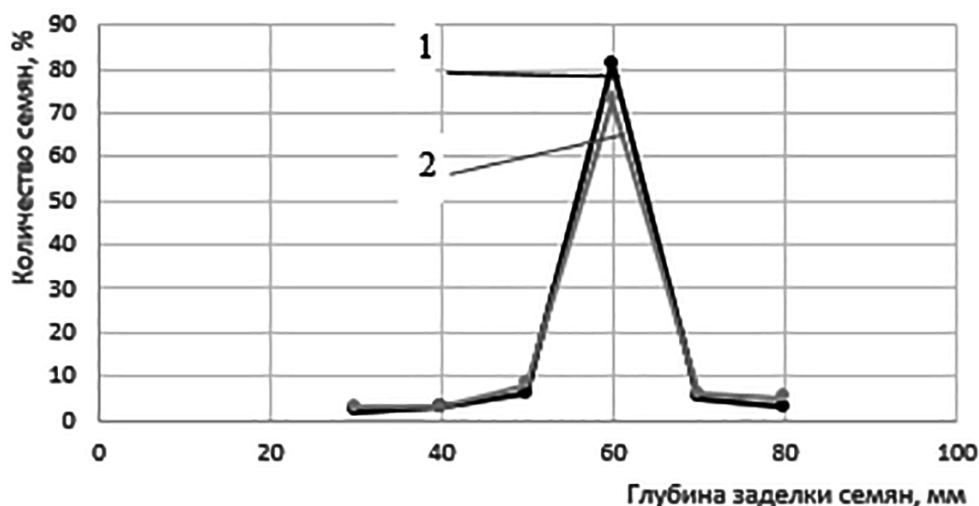
обработки почвы по сравнению с существующими почвообрабатывающими орудиями, выполняющими эти же операции раздельно.

В таблице 2 приведены показатели твердости почвы до и после прохода сравниваемых агрегатов.

Равномерность заделки семян по слоям глубины определялась с помощью прибора ВИМ. Результаты опытов отражены в графике (рис. 3). Таким образом, заделка семян пшеницы по слоям глубины получена примерно одинаковая – как комбинированным агрегатом, так и набо-

**Таблица 2 – Показатели твердости почвы до и после прохода агрегатов**  
**Table 2 – Indicators of soil hardness before and after the passage of aggregates**

| Слой глубины обработки, см | Твердость, кг/см <sup>2</sup> |                         |                      |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------|
|                            | до обработки                  | после обработки         |                      |
|                            |                               | комбинированный агрегат | раздельными орудиями |
| 0–5                        | 13,9                          | 3,0                     | 5,5                  |
| 5,1–10                     | 23,9                          | 4,9                     | 8,7                  |
| 10,1–15                    | 23,8                          | 10,6                    | 11,9                 |



1 – комбинированный агрегат; 2 – сеялка СЗ-3,6  
 1 – combined unit; 2 – seeder SZ-3.6

**Рисунок 3 – Диаграмма равномерности заделки семян**  
**Figure 3 – Diagram of uniformity of seed placement**

**Таблица 3 – Сравнительная оценка энергоёмкости**  
**Table 3 – Comparative assessment of energy intensity**

| Скорость движения агрегата, км/ч | Эффективная энергоёмкость процесса л. с.-час/га |                 |
|----------------------------------|---|-----------------|
|                                  | комбинированного агрегата                       | отдельных машин |
| 5                                | 80,20   | 98,40           |
| 6                                | 85,00   | 133,33          |
| 7                                | 88,00   | 135,13          |
| 8                                | 89,60   | 133,93          |
| 9                                | 94,00   | 137,43          |
| 10                               | 102,60  | 143,03          |

ром сельскохозяйственных машин, работающих раздельно. В рациональном горизонте расположено соответственно 81,2 и 75,1 % семян.

Результаты сравнительной оценки энергоёмкости комбинированного агрегата и комплекса раздельных машин представлены в таблице 3. При этом в комплекс раздельных машин не вошла энергоёмкость сеялки СЗ-3,6. Анализируя полученные данные, можно отметить, что при возделывании яровых культур комбинированным агрегатом получена экономия в энергетических затратах в 1,4–1,5 раза.

Испытания показали позитивные результаты и экономическую выгоду применения комбинированного агрегата, а также подтвердили целесообразность проведенных работ в этом направлении. Они послужат базой для разработки конструкций комбинированных агрегатов. Однако полученные результаты не являются противопоставлением другим новым способам подготовки почвы.

Сравнительное определение энергетических затрат было также проведено на другом фоне (стерне кукурузы). Результаты оказались идентичными.

**Заключение.** 1. Комбинированный агрегат, включающий культиватор КПЭ-3,8, фрезу КФГ-3,6, катки ЗККШ-6

и сеялку СЗ-3,6, успешно справляется с подготовкой почвы под посев и посевом зерновых культур в один проход при рабочей скорости до 10 км/ч.

2. Энергоёмкость технологического процесса подготовки почвы под посев и посев зерновых культур комбинированным агрегатом меньше энергоёмкости процесса, выполняемого комплексом раздельных машин, в 1,5 раза.

3. При применении двух различных технологий подготовки почвы под посев яровой пшеницы, проведенных с помощью комбинированного агрегата и набора раздельных сельскохозяйственных машин, урожайность пшеницы в условиях 2022 г. была одинаковой, составив 19 ц/га.

4. Как известно, при обычной раздельной технологии посева яровой пшеницы проводятся пахота, предпосевная культивация с боронованием и посев, для чего требуется тройной проход (а иногда и более) трактора по одному и тому же участку. При посеве комбинированным агрегатом число проходов трактора и количество механизаторов сокращается с вытекающей отсюда экономической эффективности. Сокращается также и разрыв во времени между подготовкой почвы под посев и посевом.

#### Список источников

1. Лепешкин Н. Д., Точицкий А. А., Костюков П. П., Медведев А. Л., Сологуб Н. Ф., Дягель Н. Н. [и др.]. Специальная сеялка для прямого посева трав, промежуточных и зерновых культур // Белорусское сельское хозяйство. 2009. № 3. С. 50–55.

2. Лепешкин Н. Д., Филиппов А. И., Добышев А. С., Пузевич К. Л. Обзор зарубежных комбинированных агрегатов // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана,

Монголии, Беларуси и Болгарии : материалы междунар. науч.-техн. конф. Минск : Научно-производственный центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2016. С. 141–147. EDN YKAGXB.

3. Филиппов А. И., Лепешкин Н. Д., Мижурин В. В., Заяц Д. В. Анализ устройств, обеспечивающих надежность технологического процесса высева посевного материала // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. Гродно : Гродненский государственный аграрный университет, 2019. Т. 45. С. 181–192. EDN DННННН.

4. Лепешкин Н. Д., Филиппов А. И., Заяц Д. В., Мижурин В. В., Бондаренко Д. Н. Сошник для узкорядного посева // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. Гродно : Гродненский государственный аграрный университет, 2018. С. 202–204.

5. Филиппов А. И., Лепешкин Н. Д., Заяц Д. В., Мижурин В. В. К выбору способа посева зерновых культур и трав // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XXI междунар. науч.-практ. конф. Гродно : Гродненский государственный аграрный университет, 2018. С. 251–254.

6. Филиппов А. И., Лепешкин Н. Д., Мижурин В. В., Заяц Д. В. К выбору конструктивной схемы широкозахватного почвообработывающе-посевого агрегата для условий Республики Беларусь // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XVIII междунар. науч.-практ. конф. Гродно : Гродненский государственный аграрный университет, 2015. С. 114–116.

7. Филиппов А. И., Лепешкин Н. Д., Точицкий А. Н., Заяц Д. В. Новые принципы конструирования почвообработывающей техники // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XIX междунар. науч.-практ. конф. Гродно : Гродненский государственный аграрный университет, 2016. С. 141–144.

8. Гольдяпин В. Я. Инновационные технологии прямого посева зерновых культур : научный аналитический обзор. М. : Росинформагротех, 2019. 80 с. EDN EVVRJO.

9. Колчина Л. М. Современные комбинированные широкозахватные посевные комплексы // Техника и оборудование для села. 2012. № 5. С. 15–18. EDN OYOKZH.

10. Сайтов В. Е., Гатауллин Р. Г. Анализ конструкций энергосберегающих посевных комплексов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 8–4. С. 85–87. EDN SHNQIX.

11. Уткин В. М., Союнов А. С., Кузьмин Д. Е., Мяло В. В. Анализ посевных комплексов отечественного производства (Россия) с полосовым внесением удобрений // Инновационные технологии в АПК, как фактор развития науки в современных условиях : материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Омск : Омский государственный аграрный университет, 2019. С. 433–437. EDN FUTKQB.

12. Лачуга Ю. Ф., Савченко И. В., Чекмарев П. А., Шогенов Ю. Х., Кирсанов В. В., Шумов Ю. А. [и др.]. Влагоаккумулирующие технологии, техника для обработки почв и использование минеральных удобрений в экстремальных условиях. Рязань : ВНИИМС, 2014. 246 с. EDN ULWBHN.

## References

1. Lepeshkin N. D., Tochitsky A. A., Kostyukov P. P., Medvedev A. L., Sologub N. F., Dyagel N. N. [et al.]. Special seeder for direct sowing of grasses, intercrops and cereals. *Belorusskoe sel'skoe khozyaystvo*, 2009;3:50–55 (in Russ.).

2. Lepeshkin N. D., Filippov A. I., Dobyshev A. S., Puzevich K. L. Review of foreign combined units. Proceedings from Scientific and technological progress in agricultural production. Agricultural science – agricultural production in Siberia, Kazakhstan, Mongolia, Belarus and Bulgaria: *Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya*. (PP. 141–147), Minsk, Nauchno-proizvodstvennyi tsentr Natsional'noi akademii nauk Belarusi po mekhanizatsii sel'skogo khozyaistva, 2016. EDN YKAGXB (in Russ.).

3. Filippov A. I., Lepeshkin N. D., Mizhurin V. V., Zayats D. V. Analysis of devices (activators) to ensure the reliability of the technological process of seeding created material.

Proceedings from *Sel'skoe khozyaystvo – problemy i perspektivy*. (PP. 181–192), Grodno, Grodnenskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2019. EDN DHIHJF (in Russ.).

4. Lepeshkin N. D., Filippov A. I., Zayats D. V., Mizhurin V. V., Bondarenko D. N. Coulter for narrow-row sowing. Proceedings from *Sel'skoe khozyaystvo – problemy i perspektivy*. (PP. 181–192), Grodno, Grodnenskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2018 (in Russ.).

5. Filippov A. I., Lepeshkin N. D., Zayats D. V., Mizhurin V. V. To the choice of sowing method for grain crops and grasses. Proceedings from Modern agricultural production technologies: *XVI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 251–254), Grodno, Grodnenskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2018 (in Russ.).

6. Filippov A. I., Lepeshkin N. D., Mizhurin V. V., Zayats D. V. Towards the selection of the design scheme of a wide-cultivation tillage-sowing machine for the conditions of the Republic of Belarus. Proceedings from Modern agricultural production technologies: *XVIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 114–116), Grodno, Grodnenskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2015 (in Russ.).

7. Filippov A. I., Lepeshkin N. D., Tochitsky A. N., Zayats D. V. New principles of soil tillage machinery design. Proceedings from Modern agricultural production technologies: *XIX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 141–144), Grodno, Grodnenskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2016 (in Russ.).

8. Goltyapin V. Ya. *Innovative technologies for direct sowing of grain crops: scientific analytical review*, Moscow, Rosinformagrotekh, 2019, 80 p. EDN EVVRJO (in Russ.).

9. Kolchina L. M. Modern wide-cut seeding combinations. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2012;5:15–18. EDN OYOKZH (in Russ.).

10. Saitov V. E., Gataullin R. G. Analysis of designs of energy-saving sowing complexes. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2014;8–4:85–87. EDN SHHQIX (in Russ.).

11. Utkin V. M., Soyunov A. S., Kuzmin D. E., Myalo V. V. Analysis of sowing complexes of domestic production (Russia) with strip fertilizer. Proceedings from Innovative technologies in agriculture as a factor in the development of science in modern conditions: *Vserossiiskaya (natsional'naya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 433–437), Omsk, Omskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2019. EDN FUTKQB (in Russ.).

12. Lachuga Yu. F., Savchenko I. V., Chekmarev P. A., Shogenov Yu. Kh., Kirsanov V. V., Shumov Yu. A. [et al.]. *Moisture-accumulating technologies, soil tillage techniques and use of mineral fertilizers in extreme conditions*, Ryazan', VNIIMS, 2014, 246 p. EDN ULWBHN (in Russ.).

© Раднаев Д. Н., Дамбаева Б. Е., Бадмацыренов Д.-Ц. Б., 2024

Статья поступила в редакцию 22.07.2024; одобрена после рецензирования 09.09.2024; принята к публикации 11.09.2024.

The article was submitted 22.07.2024; approved after reviewing 09.09.2024; accepted for publication 11.09.2024.

### Информация об авторах

**Раднаев Даба Нимаевич**, доктор технических наук, доцент, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6539-650X>, Author ID: 770057, [daba01@mail.ru](mailto:daba01@mail.ru);

**Дамбаева Баирма Ефимовна**, старший преподаватель, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, Author ID: 1106533, [baira86@mail.ru](mailto:baira86@mail.ru);

**Бадмацыренов Дугар-Цырен Баярович**, кандидат технических наук, доцент, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, Author ID: 1052463, [dygar-avto03@mail.ru](mailto:dygar-avto03@mail.ru)

**Information about the authors**

**Daba N. Radnaev**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Phillipov, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6539-650X>, Author ID: 770057, [daba01@mail.ru](mailto:daba01@mail.ru);

**Bairma E. Dambaeva**, Senior Lecturer, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Phillipov, Author ID: 1106533, [baira86@mail.ru](mailto:baira86@mail.ru);

**Dugar-Tsyren B. Badmatsyrenov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Phillipov, Author ID: 1052463, [dygar-avto03@mail.ru](mailto:dygar-avto03@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 631.171

EDN LWHHLM

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-126-134>

**Перспективы автоматизации выращивания  
овощей в открытом грунте с использованием  
автоматизированной агротехнической самодвижущейся платформы**

**Олег Евгеньевич Сысоев<sup>1</sup>, Евгений Олегович Сысоев<sup>2</sup>,  
Надежда Викторовна Кулякина<sup>3</sup>**

<sup>1, 2</sup> Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Хабаровский край, Комсомольск-на-Амуре, Россия

<sup>3</sup> Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства

Хабаровский край, Восточное, Россия

<sup>1, 2</sup> [fks@knastu.ru](mailto:fks@knastu.ru), <sup>3</sup> [ixeridium@mail.ru](mailto:ixeridium@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрен вариант автоматизации выращивания овощей в открытом грунте на примере огурцов с использованием автоматизированной агротехнической самодвижущейся платформы. Для выращивания овощей в открытом грунте, требующих индивидуального подхода к каждому растению и, соответственно, больших трудозатрат, предлагается внедрить в производство автоматизированную агротехническую самодвижущуюся платформу, которая позволит полностью автоматизировать процесс выращивания, решить проблемы использования рабочей силы и экологии в отрасли. Кроме того, решатся многие технические проблемы технологии выращивания овощей: точность посадки растений в соответствии с нормами агротехники, зависимость сроков проведения агротехнологических работ от природных условий и влажности почвы, точность дозировки внесения удобрений, борьба с вредителями и т. д. Особо нужно отметить возможность работы данной платформы на переувлажненных почвах, обеспечивая при этом за счет грунтозацепов хорошее сцепление механизма с почвой. В статье описывается принцип работы автоматизированной агротехнической самодвижущейся платформы и ее преимущества перед существующими машинами, используемыми в сельском хозяйстве. Решение проблемы автоматизации выращивания овощей позволит сделать отрасль овощеводства привлекательной для высококвалифицированных работников и обеспечить высокую производительность труда.

**Ключевые слова:** автоматизация выращивания овощей, автоматизированная агротехническая самодвижущаяся платформа, уплотнение почвы, экология овощеводства

**Для цитирования:** Сысоев О. Е., Сысоев Е. О., Кулякина Н. В. Перспективы автоматизации выращивания овощей в открытом грунте с использованием автоматизированной агротехнической самодвижущейся платформы // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 126–134. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-126-134>.

Original article

**Prospects for automation of open-field vegetable cultivation  
using automated self-cultivation platform**

**Oleg E. Sysoev<sup>1</sup>, Evgeniy O. Sysoev<sup>2</sup>, Nadezhda V. Kuliakina<sup>3</sup>**

<sup>1, 2</sup> Komsomolsk-na-Amure State University

Khabarovsk krai, Komsomolsk-on-Amur, Russian Federation

<sup>3</sup> Far Eastern Research Institute of Agriculture

Khabarovsk krai, Vostochnoye, Russian Federation

<sup>1, 2</sup> [fks@knastu.ru](mailto:fks@knastu.ru), <sup>3</sup> [ixeridium@mail.ru](mailto:ixeridium@mail.ru)

**Abstract.** The article considers the option of automation of vegetable growing in open ground using cucumbers as an example. It is proposed to introduce an automated agrotechnical self-propelled platform into production for growing vegetables in open ground, which require an individual approach to each plant and, accordingly, high labor costs. An automated agrotechnical self-propelled platform will fully automate the process of growing vegetables and solve the problems of labor and ecology in vegetable growing. In addition, many technical problems of vegetable growing technology will be solved: the accuracy of planting in accordance with agricultural technology standards, the dependence of the timing of agrotechnological work on natural conditions and soil moisture, the accuracy of the dosage of fertilizers, pest control, etc. It should be particularly noted that this platform can work on waterlogged soils, while ensuring good adhesion of the mechanism to the soil due to the ground hooks. The article describes the principle of operation of an automated agrotechnical self-propelled platform and its advantages over existing machines used in agriculture. The solution to the problem of automating vegetable growing will make this part of plant growing tempting to highly qualified workers and to ensure high labor productivity.

**Keywords:** vegetable growing automation, automated agrotechnical self-propelled platform, soil compaction, vegetable growing ecology

**For citation:** Sysoev O. E., Sysoev E. O., Kuliakina N. V. Prospects for automation of open-field vegetable cultivation using automated self-cultivation platform. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;3:126–134. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-126-134>.

**Введение.** В настоящее время в мире производится 80,64 млн. тонн огурцов в год при средней урожайности, составляющей 4,04 кг/м<sup>2</sup>. Первая тройка производителей огурцов включает: Китай – 61,94, Россию – 1,99, Турцию – 1,81 млн. т (данные 2022 г.).

При этом в России в открытом грунте выращивают примерно половину урожая огурцов (в теплицах в 2021 г. получено 0,83 млн. т), а в Китае и Турции 70–80 %.

Урожайность огурцов в России в открытом грунте достигает 1,5–2 кг/м<sup>2</sup>, в зимних теплицах – 30–35 кг/м<sup>2</sup>, тогда как в самых современных теплицах пятого поколения она превышает 160 кг/м<sup>2</sup>. Таким образом, максимальная урожайность огурцов с квадратного метра достигается в закрытом грунте, при этом их себестоимость повышается в 5–10 раз. В то же время основная масса урожая выращивается в открытом грунте.

Преимущества огурца, как культуры открытого грунта, включают:

- 1) низкие первоначальные вложения по сравнению с закрытым грунтом;
- 2) поздний посев огурцов дает возможность очистить поле от сорняков перед посевом;
- 3) возможность организации рационального севооборота;
- 4) обычная обработка почвы как для пропашных культур;

5) низкая цена, обеспечивающая высокую конкурентоспособность.

Однако выращивание огурца в открытом грунте имеет недостатки:

- 1) требования к обеспечению постоянных температур;
- 2) повышенный расход семян при использовании обычных сеялок;
- 3) сбор урожая вручную (или наличие специальной уборочной техники);
- 4) практически не используется капельный полив с одновременным внесением удобрений;
- 5) за сезон проводят 4–5 междурядных обработок, что приводит к уплотнению почвы;
- 6) при недостаточном количестве выпавших осадков за вегетационный период требуется обязательный полив;
- 7) использование биопрепаратов и энтомофагов для защиты растений от вредителей;
- 8) использование химических препаратов против болезней огурца.

Перечисленные проблемы полностью или частично решаются при внедрении автоматизированной агротехнической самодвижущуюся платформы, как базовой машины растениеводства, движущейся по бетонным опорам.

**Целью исследований** является обоснование автоматизации выращивания



овощей в открытом грунте на примере огурцов с использованием автоматизированной агротехнической самодвижущейся платформы, обеспечивающей выполнение агротехнологических операций в автоматизированном режиме, а также ведение постоянного мониторинга состояния каждого растения.

**Материалы и методы исследования.** Изначально идея мостовых систем в земледелии появилась в начале XX в. и частично была реализована в системах полива и сбора урожая овощей. При этом было снижено негативное воздействие на почву, повышена производительность труда [1].

Мостовые системы большого пролета, где монтируются агротехнологические механизмы и приспособления для обработки земли проектировались ферменной или балочной конструкции. Такая конструкция перемещается на пневмоколесах или по железнодорожным рельсам. Характерной системой мостового земледелия является автоматизированный мостовой агротехнический комплекс (АМАК) [2].

Мостовая система АМАК представляет мост с навесным оборудованием, который движется по рельсовому пути, не оказывая уплотняющего воздействия на почву. Автоматизированное управление АМАК создает условия, обеспечивающие своевременное и точное выполнение технологических операций, индивидуально для каждого растения. Это позволяет получать высокие урожаи, сохранять плодородие почвы, а также решать проблемы экологии растениеводства за счет локального и строго дозированного применения удобрений, гербицидов и ядохимикатов.

Однако АМАК имеет ряд недостатков: высокая металлоемкость (17,5 т/га); 10 % пашни занимают рельсовые пути; из-за большого пролета моста возможен его перекося при движении и, как следствие, потеря точности и возможность аварии.

Следующая мостовая система обеспечивает движение моста по железобетонным сваям, что усложняет оборудование поля. При этом трудно исправить погрешности от пучения грунта, возникающие в зимний период [3]. Из-за осадков или пучения грунта возможен самопроизвольный уход оголовка сваи из горизонтальной и вертикальной плоскости, что

отрицательно влияет на точность выполнения технологических операций, а также безопасность движения самой мостовой системы.

Дальнейшим этапом развития мостовых систем стало появление мостового робота-комплекса точного земледелия [4, 5], когда движение происходит по постоянной гравийной колее. Он не подходит для выращивания огурцов в открытом грунте, так как при движении по постоянной сплошной колее будут повреждаться плети растений.

В настоящее время в Комсомольском-на-Амуре государственном университете завершается процесс создания уменьшенной модели автоматизированной агротехнической самодвижущейся платформы для отработки алгоритмов автоматизированного движения платформы.

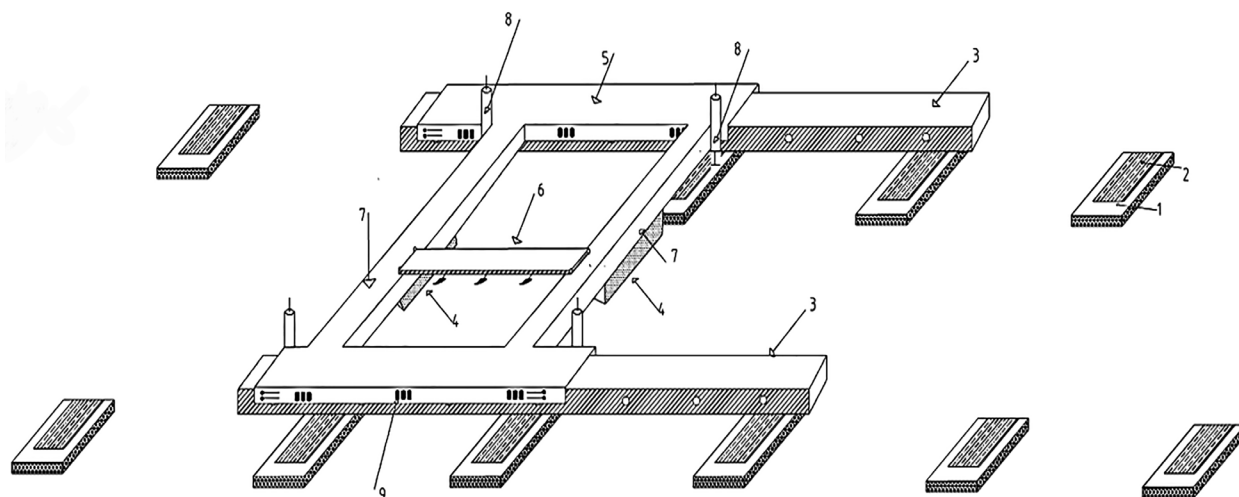
**Результаты исследований и их обсуждение.** Отличным вариантом для выращивания огурцов в открытом грунте из мостовых систем может стать автоматизированная агротехническая самодвижущаяся платформа (ААСП) [6–12].

На рисунке 1 представлено общее устройство данной платформы.

Решения, принятые в конструкции ААСП, улучшают известные мостовые агротехнические системы. При перемещении по полю вместо гусениц, колес, пневмотраков, рельсовых путей, тросовых движителей и свайных опор предлагаются жесткие бетонные опоры (2), которые уложены на гравийную постель и закреплены в грунте винтовой сваей, с помощью которой регулируют рабочий (верхний) горизонт опоры (1) с точностью в горизонтальной плоскости  $\pm 5$  мм.

По бетонным опорам с помощью пошагово выдвигающихся балок (3) вдоль полигона перемещается платформа (5). На платформе располагаются навесные технологические роботизированные модули (6), обеспечивающие выполнение агротехнологических операций в автоматизированном режиме.

Модуль с технологическим оборудованием имеет возможность перемещаться вдоль по длинным поперечным балкам (7) рамы, изготовленной из П-образного профиля, выполняющих роль направляющих. На платформе устанавливается комплекс



1 – гравийная постель; 2 – бетонные опоры; 3 – продольные пошаговые балки перемещения; 4 – балки поперечного перемещения; 5 – платформа; 6 – технологическое навесное оборудование; 7 – поперечные несущие балки; 8 – домкраты с электроприводом; 9 – устройство перемещения продольных пошаговых балок

1 – gravel bed; 2 – concrete supports; 3 – longitudinal step movement beams; 4 – transverse movement beams; 5 – platform; 6 – technological attachments; 7 – transverse load-bearing beams; 8 – electric jacks; 9 – device for movement of longitudinal step beams

**Рисунок 1 – Общий вид автоматизированной агротехнической самодвижущейся платформы**  
**Figure 1 – General appearance of automated agrotechnical self-propelled platform (AASP)**

навигационной спутниковой системы для ориентации с погрешностью до  $\pm 2$  мм.

Для передвижения ААСП используются электродвигатели, работающие от солнечных панелей и аккумуляторов. Электрогенератор присутствует как аварийный источник питания.

Передвижение по жестким бетонным опорам обеспечит движение платформы вне зависимости от влажности (заболоченности) почвы и снижает энергозатраты, связанные с перемещением агрегата по полигону. При этом платформа передвигается в идеальной горизонтальной плоскости, что облегчает выдерживание заданного вектора движения.

Движение ААСП по бетонным опорам исключает зависимость выполнения приемов агротехники от почвенно-климатических условий, обычно влияющих на перемещение растениеводческой машины. Экологичность земледелия обеспечивается за счет проведения экспресс-анализа на наличие питательных веществ в почве, точной дозировки удобрений, а также при

точечном поливе каждого растения, аналогично капельному поливу. Также экологичности земледелия способствует отсутствие разрушающего воздействия от колес и гусениц сельскохозяйственной машины на структуру почвенного покрова.

Точная ориентация платформы при посадке растений позволит соблюдать оптимальные расстояния между ними, а также вести кадастр-модули, имеющие точную ориентацию относительно возделываемого поля и растений, что обеспечит точность исполнения всех агротехнических работ.

Учитывая универсальность ААСП, в течении вегетационного периода автоматизированные модули можно заменять на необходимые в конкретный период времени (например, модули для рыхления почвы и высадки семян или рассады после окончания посевных работ заменить на модули полива и сбора урожая).

Размеры платформы выбираются по следующим критериям: оптимизация пролета моста по отношению к его массе;

маневренность платформы в зависимости от типичного размера отдельного поля и общего количества посевных площадей хозяйства. Нами предлагаются размеры платформы 10×10 м. Они приемлемы и для небольших фермерских хозяйств, и для крупных агрохолдингов.

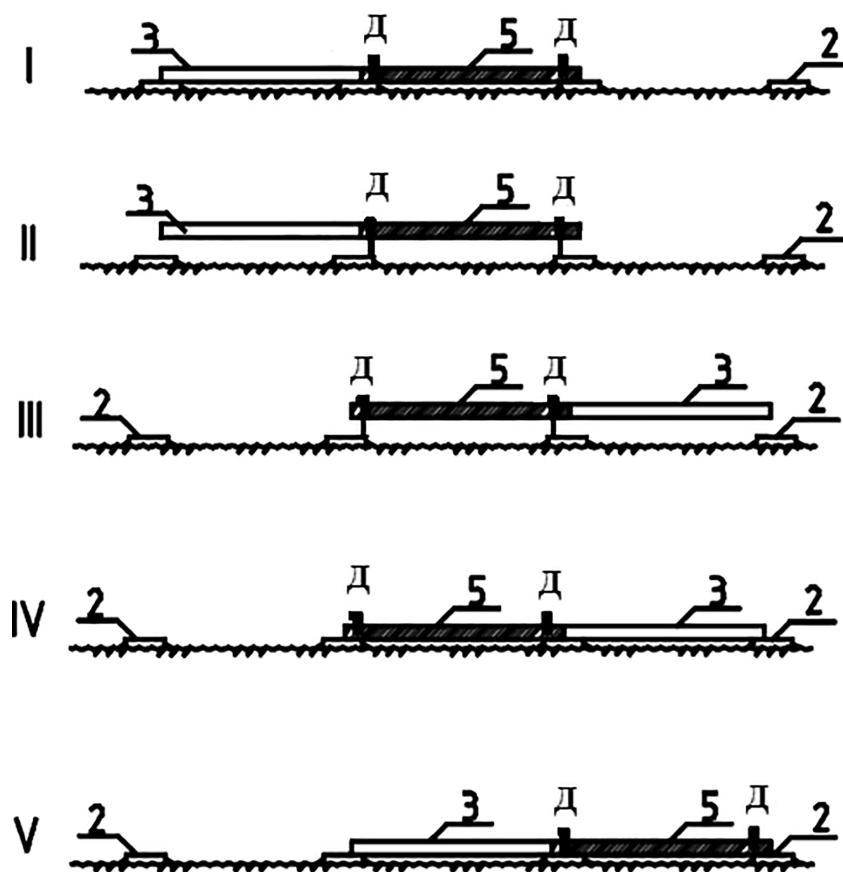
Основу платформы составляют тонкостенные профили П-образного сечения, внутри которых располагаются подвижные выдвигающиеся продольные пошаговые балки перемещения коробчатого сечения длиной 10 м. С помощью электродомкратов (8) и устройства перемещения продольных пошаговых балок (9), путем выдвижения продольных балок пошагового перемещения (3), платформа перемеща-

ется вдоль полигона и выполняет технологические операции.

Переход на новый участок платформа осуществляет поперек технологического движения путем выдвижения пневмоколес с встроенными электродвигателями. Технология перемещения базовой платформы представлена на рисунке 2.

Положение I является исходным. Для перемещения платформы на позицию II рама поднимается с помощью домкратов (Д), опирающихся на бетонные опоры (2).

Продольные пошаговые балки перемещения (3) разгружаются и с помощью устройства перемещения балки выдвигаются, и платформа переходит в позицию III. Домкраты (Д) опускаются,



I – исходное положение; II–V – последовательная смена положений;  
Д – домкраты с электроприводом; 2 – бетонные опоры; 3 – продольные пошаговые балки перемещения; 5 – платформа ААСП из профиля П-образного сечения

I – initial position; II–V – sequential change of positions;  
Д – electric jacks; 2 – concrete supports; 3 – longitudinal step-by-step movement beams;  
5 – AASP platform made of U-shaped section

**Рисунок 2 – Схема перемещения платформы**  
**Figure 2 – Platform movement diagram**

продольные пошаговые балки перемещения ложатся на бетонные опоры (2), что соответствует положению IV.

Платформа ложится на балки пошагового перемещения. С помощью устройства перемещения продольных пошаговых балок, работающего в обратном направлении, платформа по роликам перемещается на позицию V. При этом технологические модули (5) выполняют необходимую технологическую операцию, после чего весь цикл (I–V) повторяется.

Выращивание огурцов в открытом грунте происходит двумя способами. В первом случае они свободно стелются по земле, а во втором – плети огурцов подвязывают на шпалеры, что повышает трудоемкость производства.

При первом способе выращивания огурцов ААСП, передвигаясь по бетонным опорам, не затрагивает плети растений, а те из них, что попали на бетонные опоры, сметает с помощью небольшого дополни-

тельного приспособления «веник – щетка», не повреждая. При втором способе выращивания бетонные опоры необходимо поднять выше шпалер за счет удлинения винтовой сваи, а подвязку плетей также можно автоматизировать.

Не менее трудоемкой операцией является сбор урожая. При первом способе выращивания для сбора урожая огурцов используются платформы ПОУ-2, УПНС-10, ПНСШ-12, широкозахватный транспортер ТНА-40 (рис. 3, а). При этом на платформе находится 10–15 человек и необходим механизматор с трактором.

Последняя разовая уборка урожая осуществляется машинами разных конструкций, в том числе ВУ (Венгрия), комбайном КОП-1,5М или КОУ-1,5 (рис. 3, б); при этом растения сильно повреждаются и больше не дают значимого урожая.

При втором способе выращивания огурцов в открытом грунте сбор урожая проводится полностью вручную, а плат-



а)



б)

а) с использованием платформ; б) комбайном

a) using platforms; b) using combine

**Рисунок 3 – Уборка огурцов**  
**Figure 3 – Cucumber harvesting**

форма ААСП создаст возможность минимизировать затраты ручного труда при сборе урожая и роботизировать данный процесс.

Достоинством автоматизированной агротехнической самодвижущейся платформы при выращивании огурцов также является возможность совмещения технологических операций (рыхление почвы, экспресс-анализ удобренности почвы, внесение недостающих компонентов удобрений, высадка рассады или посев семян за один проход движения ААСП по полю). При этом на одну и ту же платформу можно устанавливать разные комплекты автоматических модулей в зависимости от планируемых работ.

Одна ААСП сможет обработать примерно 20 гектаров при выращивании огурцов. В тоже время один высококвалифицированный оператор-программист способен обслуживать 10–15 платформ, заменяя 30–40 работников, занятых при существующей технологии выращивания огурцов.

**Заключение.** Автоматизированная агротехническая самодвижущаяся платформа открывает новые возможности и

обеспечивает: снижение зависимости земледелия от погодных условий; повышение качества выполнения работ по подготовке почвы, уходу за растениями и уборке урожая; снижение энергозатрат на передвижение; полную автоматизацию агротехнологических процессов.

Передвижение платформы и выполнение технологических операций специализированными модулями разделены по времени, что повышает точность исполнения необходимых агротехнологических процессов.

Платформа в комплексе с автоматическими технологическими модулями сможет производить работы круглосуточного, в автоматическом режиме.

При использовании платформы обеспечивается высокая экологичность и снижение разрушительного воздействия на структуру почвы механизмов, адресное и нормированное внесение доз удобрений и химических средств защиты растений. В то же время затраты времени и материалов на обустройство полигона по сравнению с другими мостовыми системами значительно снижены.

### Список источников

1. Жалнин Э. В., Муфтеев Р. С. История развития и перспективы внедрения мостового растениеводства // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2002. № 5. С. 23–30. EDN UVYECX.
2. Жуков Ю. Н. АМАК-система и технологическая революция в земледелии // Актуальные проблемы современной науки. 2018. № 3 (19). С. 23–29. EDN OGELTG.
3. Горькавый М. А., Егорова В. П., Соловьев В. А., Горькавый А. И., Мельниченко М. А. Разработка архитектуры системы управления роботизированным производственным процессом на базе технологии цифрового двойника // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2023. № 1 (65). С. 40–46. <https://doi.org/10.17084/20764359-2023-65-40>.
4. Чернышев Н. И., Сысоев О. Е., Киселев Е. П. Чернышев Н. И. Мостовая система как основа экологического роботизированного земледелия // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 7. С. 97–101. EDN VCGSTA.
5. Chernyshov N. I., Sysoev O. E., Kiselev E. P. Gantry technology in agriculture greening // Current problems and ways of industry development: Equipment and technologies. Lecture notes in networks and systems. Warsaw : Springer, 2021. P. 303–309. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-69421-0\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-030-69421-0_32).
6. Патент № 2636472 Российская Федерация. Автоматизированная агротехническая самодвижущаяся платформа (ААСП) : № 2016149701 ; заявл. 16.12.2016 ; опубл. 23.11.2017 / Чернышев Н. И., Сысоев О. Е., Есипов М. С. Бюл. № 33. 13 с. EDN ZUATKH.
7. Патент № 2694974 Российская Федерация. Мостовой робот-комплекс точного земледелия : № 2018123250 ; заявл. 26.06.2018 ; опубл. 18.07.2019 / Чернышев Н. И., Сысоев О. Е., Есипов М. С. Бюл. № 20. 13 с. EDN QWYGPK.

8. Патент № 2754999 Российская Федерация. Мостовой автоматизированный комплекс прецизионного земледелия : № 2020132946 ; заявл. 06.10.2020 ; опубл. 08.09.2021 / Чернышев Н. И., Сысоев О. Е., Есипов М. С. Бюл. № 25. 12 с. EDN ODPTYG.
9. Хрульков В. Н., Черный С. П. Особенности реализации нечетких алгоритмов управления на базе программируемых логических контроллеров // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2022. № 1 (57). С. 52–62. <https://doi.org/10.17084/20764359-2022-57-52>.
10. Горькавый М. А., Егорова В. П., Горькавый А. И., Мельниченко М. А. Исследование особенностей применения метода функциональной декомпозиции при разработке имитационных моделей цифрового двойника роботизированного процесса // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2022. № 3 (59). С. 27–34. <https://doi.org/10.17084/20764359-2022-59-27>.
11. Чернышев Н. И., Сысоев О. Е., Киселев Е. П. Инновационный базовый роботизированный механизм для реализации точного земледелия // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 4. С. 69–73. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10417>.
12. Chernyshov N. I., Kiselev E. P., Sysoev O. E. Bridge Agriculture as the basis of preserving soiled bioorganisms // International Science and Technology Conference on Earth Science. Russky Island : IOP Publishing, 2019. P. 032021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/272/3/032021>.

### References

1. Zhalnin E. V., Mufteev R. S. History of development and prospects of introduction of bridge crop production. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*, 2002;5:23–30. EDN UVYECX (in Russ.).
2. Zhukov Yu. N. AMAK system and technological revolution in farming. *Aktual'nye problemy sovremennoy nauki*, 2018;3(19):23–29. EDN OGELTG (in Russ.).
3. Gorkavii M. A., Egorova V. P., Soloviev V. A., Gorkavii A. I., Melnichenko M. A. Development of the control system architecture for a robotic production process based on digital twin technology. *Uchenye zapiski Komsomol'skogo-na-Amure gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2023;1(65):40–46. <https://doi.org/10.17084/20764359-2023-65-40> (in Russ.).
4. Chernyshov N. I., Sysoev O. E., Kiselev E. P. The bridge system as the basis for ecological robotic farming. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2020;34;7:97–101. EDN VCGSTA (in Russ.).
5. Chernyshov N. I., Sysoev O. E., Kiselev E. P. Gantry technology in agriculture greening. Proceedings from Current problems and ways of industry development: Equipment and technologies. Lecture notes in networks and systems. (PP. 303–309), Warsaw, Springer, 2021. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-69421-0\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-030-69421-0_32).
6. Chernyshov N. I., Sysoev O. E., Esipov M. S. Automated agrotechnical self-propelled platform (AASP). *Patent RF, No. 2636472 yandex.ru/patents* (2017) [https://patents.s3.yandex.net/RU2636472C1\\_20171123.pdf](https://patents.s3.yandex.net/RU2636472C1_20171123.pdf) (Accessed 12 May 2024) EDN ZUATKH (in Russ.).
7. Chernyshov N. I., Sysoev O. E., Esipov M. S. Bridge robot-complex of accurate farming. *Patent RF, No. 2694974 yandex.ru/patents* (2019) [https://patents.s3.yandex.net/RU2694974C1\\_20190718.pdf](https://patents.s3.yandex.net/RU2694974C1_20190718.pdf) (Accessed 12 May 2024) EDN QWYGPK (in Russ.).
8. Chernyshov N. I., Sysoev O. E., Esipov M. S. Bridge automated complex of precision agriculture. *Patent RF, No. 2754999 yandex.ru/patents* (2021) [https://patents.s3.yandex.net/RU2754999C1\\_20210908.pdf](https://patents.s3.yandex.net/RU2754999C1_20210908.pdf) (Accessed 12 May 2024) EDN ODPTYG (in Russ.).
9. Khrukov V. N., Cherny S. P. Features of fuzzy control algorithm implementation based on programmable logic controllers. *Uchenye zapiski Komsomol'skogo-na-Amure gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2022;1(57):52–62. <https://doi.org/10.17084/20764359-2022-57-52> (in Russ.).
10. Gorkavii M. A., Egorova V. P., Gorkavii A. I., Melnichenko M. A. Research of application features of functional decomposition method in developing simulation models of a robotic process digital twin. *Uchenye zapiski Komsomol'skogo-na-Amure gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2022;3(59):27–34. <https://doi.org/10.17084/20764359-2022-59-27> (in Russ.).

11. Chernyshov N. I., Sysoev O. E., Kiselev E. P. Innovative basic robotics mechanism for implementation of precision agriculture. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2018;32;4:69–73. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10417> (in Russ.).

12. Chernyshov N. I., Kiselev E. P., Sysoev O. E. Bridge Agriculture as the basis of preserving soiled bioorganisms. Proceedings from International Science and Technology Conference on Earth Science. (PP. 032021), Russky Island, IOP Publishing, 2019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/272/3/032021>.

© Сысоев О. Е., Сысоев Е. О., Кулякина Н. В., 2024

Статья поступила в редакцию 27.06.2024; одобрена после рецензирования 18.07.2024; принята к публикации 13.09.2024.

The article was submitted 27.06.2024; approved after reviewing 18.07.2024; accepted for publication 13.09.2024.

### **Информация об авторах**

**Сысоев Олег Евгеньевич**, доктор технических наук, профессор, Комсомольский-на-Амуре государственный университет, ORCID: 0000-0001-5932-8893, Author ID: 446982, [fks@knastu.ru](mailto:fks@knastu.ru);

**Сысоев Евгений Олегович**, кандидат экономических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет, [fks@knastu.ru](mailto:fks@knastu.ru);

**Кулякина Надежда Викторовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ORCID: 0000-0003-1600-026X, Author ID: 724827, [ixeridium@mail.ru](mailto:ixeridium@mail.ru)

### **Information of the authors**

**Oleg E. Sysoev**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Komsomolsk-na-Amure State University, ORCID: 0000-0001-5932-8893, Author ID: 446982, [fks@knastu.ru](mailto:fks@knastu.ru);

**Evgeniy O. Sysoev**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University, [fks@knastu.ru](mailto:fks@knastu.ru);

**Nadezhda V. Kuliakina**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Far Eastern Research Institute of Agriculture, ORCID: 0000-0003-1600-026X, Author ID: 724827, [ixeridium@mail.ru](mailto:ixeridium@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 577.12

EDN LZHTSV

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-135-144>

### Генная модификация белка для усиления его устойчивости к протеолизу и перспектив использования как функционального ингредиента

Сергей Леонидович Тихонов<sup>1</sup>, Наталья Валерьевна Тихонова<sup>2</sup>,  
Шолпан Сергеевна Валиева<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Уральский государственный лесотехнический университет  
Свердловская область, Екатеринбург, Россия

<sup>1,2</sup> Уральский государственный аграрный университет  
Свердловская область, Екатеринбург, Россия

<sup>3</sup> Южно-Уральский государственный аграрный университет  
Челябинская область, Троицк, Россия

<sup>1</sup> [tihonov75@bk.ru](mailto:tihonov75@bk.ru)

**Аннотация.** Проведена генная модификация белка GDF-11, направленная на усиление его устойчивости к протеолизу и создание, синтез плазмид для его экспрессии. Синтез плазмид генно-модифицированного белка проводили в ЗАО «Евроген» (Москва) с использованием метода циклической сборки из олигонуклеотидов (РСА, polymerase cycling assembly). Разработан новый сшитый белок GDF-11 (генная модификация) с использованием циклизации. В аминокислотные последовательности белка GDF-11 введены два аминокислотных остатка цистеина (С) на основе двухкомпонентных (2С) групп. Для повышения стабильности пептидных последовательностей в исследуемом белке была проведена замена L-аминокислот на D-аминокислоты. Для получения белка GDF-11 (генно-модифицированного) ДНК-матрицу для выбранного необходимо включить в вектор, специфичный для хозяина, в данном случае, в клетки *E. coli*. Полученная модификация белка, возможно, позволит усилить биодоступность, устойчивость к протеолизу и, соответственно, биологическую активность. Заключительные выводы об эффективности генной модификации известного белка следует сделать после подтверждения в экспериментах *in vitro* и *in vivo*.

**Ключевые слова:** рекомбинантный белок, пищевые системы, синтез генов, генная модификация, биологические свойства, функциональный ингредиент

**Для цитирования:** Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., Валиева Ш. С. Генная модификация белка для усиления его устойчивости к протеолизу и перспектив использования как функционального ингредиента // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Том 18. № 3. С. 135–144. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-135-144>.

Original article

### Protein genetic modification for increasing its resistance to proteolysis and potential use as a functional ingredient

Sergey L. Tikhonov<sup>1</sup>, Natalya V. Tikhonova<sup>2</sup>, Sholpan S. Valieva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ural State Forestry University, Sverdlovsk region, Ekaterinburg, Russian Federation

<sup>1,2</sup> Ural State Agrarian University, Sverdlovsk region, Ekaterinburg, Russian Federation

<sup>3</sup> South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk region, Troitsk, Russia

<sup>1</sup> [tihonov75@bk.ru](mailto:tihonov75@bk.ru)

**Abstract.** The GDF-11 protein was genetically modified to enhance its resistance to proteolysis and creatinine, and plasmid synthesis for its expression was carried out. Plasmid synthesis of a genetically modified protein with the conditional name GDF-11 (gene modification) was carried



out at CJSC "Eurogen" (Russia, Moscow) using the method of cyclic assembly from oligonucleotides (PCA, polymerase cycling assembly). A new cross-linked protein GDF-11 (gene modification) using cyclization has been developed. Two amino acid residues of cysteine (C) based on two-component (2C) groups were introduced into the amino acid sequences of GDF-11 protein. To increase the stability of peptide sequences in the studied protein, L-amino acids were replaced with D-amino acids. To obtain the GDF-11 protein (genetically modified), the DNA matrix for the selected one must be included in a protein-specific vector, in this case, in *E. coli* cells. The resulting protein modification may enhance bioavailability, resistance to proteolysis and, accordingly, biological activity. Final conclusions about the effectiveness of gene modification of a known protein should be made after confirmation *in vitro* and *in vivo* experiments.

**Keywords:** recombinant protein, food systems, gene synthesis, genetic modification, biological properties, functional ingredient

**For citation:** Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Valieva Sh. S. Protein genetic modification for increasing its resistance to proteolysis and potential use as a functional ingredient. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2024;18;3:135–144. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-18-3-135-144>.

**Введение.** Рекомбинантные белки являются продуктами технологии рекомбинантной ДНК, которая включает в себя введение генетически модифицированного гена белка в клетку организма-хозяина. Эта технология уже широко используется для получения многих рекомбинантных белков [1], например, в получении идентичных человеку белков и гормонов, а также в пищевой промышленности (в производстве некоторых ферментов) [2].

Однако синтез функциональных ингредиентов на основе рекомбинантного белка не проводится. Это прежде всего связано с тем, что на основании Федерального закона от 03.07.2016 № 358-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования государственного регулирования в области генно-инженерной деятельности» использование продукции с генно-модифицированными организмами запрещено. Однако научные исследования в области рекомбинантных белков разрешены.

Возможно, по мере развития генной модификации биологически активных веществ и появления доказательств безопасности применения для здоровья человека, производство пищевых белков, пептидов генной модификации, в том числе в качестве функциональных ингредиентов станет возможным при условии экономической целесообразности. Она, в частности, подтверждена модельными исследованиями рекомбинантной продукции ферментов грибами [3], бактериальной продукции  $\alpha$ -лактальбумина сывороточ-

ного белка [4], биологической активности пептидов [5, 6].

Рекомбинантное производство белков было показано для всех классов микроорганизмов, включая, например, бактерию *Escherichia coli* [7], дрожжи *Pichia pastoris* [8] и нитчатый гриб *Rhizopus* [9]. При этом выбор микроорганизма для производства белка имеет важные последствия для выхода, чистоты и посттрансляционных модификаций синтезированного белка [10]. Для производства функциональных ингредиентов на основе белков все эти аспекты важны, поскольку низкий выход и (или) низкая чистота делают массовое производство пищевых белков неэкономичным, тогда как модификации после трансляции нужны для достижения необходимых функциональных свойств.

Технологии получения функциональной пищевой продукции представлены в работах [11–14].

Бактериальный синтез рекомбинантных белков обычно приводит к получению белков, которые не модифицируются посттрансляционно, как было показано в исследовании по отсутствию фосфорилирования рекомбинантного  $\beta$ -казеина человека и  $\beta$ -лактоглобулина крупного рогатого скота. Отмечено, что синтез рекомбинантного  $\beta$ -лактоглобулина, который не модифицируется посттрансляционно в своей бычьей форме, приводит к получению белка с аналогичным фолдингом и функциональностью [15].

Совершенствование технологий экспрессии белков способствует снижению

стоимости рекомбинантных белков, что представляет интерес для производства продуктов питания и функциональных ингредиентов на их основе.

Для синтеза рекомбинантных молочных белков, независимо от используемого вида микроорганизмов, в качестве ДНК-матрицы применяют гены человеческого и коровьего молока, что позволяет синтезировать белки, используемые в составе детской молочной смеси [16].

Одним из перспективных функциональных ингредиентов является белок GDF-11, который экспрессируется в основном в селезенке, почках и головном мозге и предотвращает процессы старения организма. С возрастом количество данного белка снижается [17], при этом полное его отсутствие несовместимо с жизнью [18]. Полученный с пищей экзогенный GDF-11 может ослаблять гипертрофию сердца и фиброз при перегрузке давлением у мышей дозозависимым образом и не токсичен в высоких дозах [19]. Данные результаты свидетельствуют, что при патологических состояниях GDF-11 способен оказывать кардиопротекторное действие.

Белки при попадании в желудочно-кишечный тракт подвергаются ферментативному гидролизу, что приводит к ослаблению биологической активности.

С помощью биоинженерии можно изменить белок GDF-11 и создать новый потенциальный биологически активный белок для перорального применения с за-

данными функциональными свойствами и сохранением или усилением свойств исходного белка.

**Целью исследований** явилось проведение генной модификации белка GDF-11, направленное на усиление его устойчивости к протеолизу и создание, синтез плазмид для его экспрессии.

**Методы исследований.** В качестве исходного белка для генной модификации использован белок GDF-11, характеристики которого были получены из базы данных Национального центра биотехнологической информации (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/10220#gene-expression>).

Белок GDF-11 также известен под названиями VHO, BMP11 и BMP-11 ген и кодируется 12 хромосомой (рис. 1). Он экспрессируется в большинстве органов человека. При этом наибольшая экспрессия отмечена в головном мозге, кишечнике, яичниках и простате. Белок относится к семейству белков TGF-бета (фактор роста) и предотвращает процесс старения органов и тканей.

Синтез плазмид генно-модифицированного белка с условным названием GDF-11 (генная модификация) проводили в ЗАО «Евроген» (Россия, Москва) с использованием метода циклической сборки из олигонуклеотидов (PCA, polymerase cycling assembly). Сначала были синтезированы олигонуклеотиды, комплементарные либо одной, либо другой цепи гена, перекрывающиеся участками в 20–30 пар

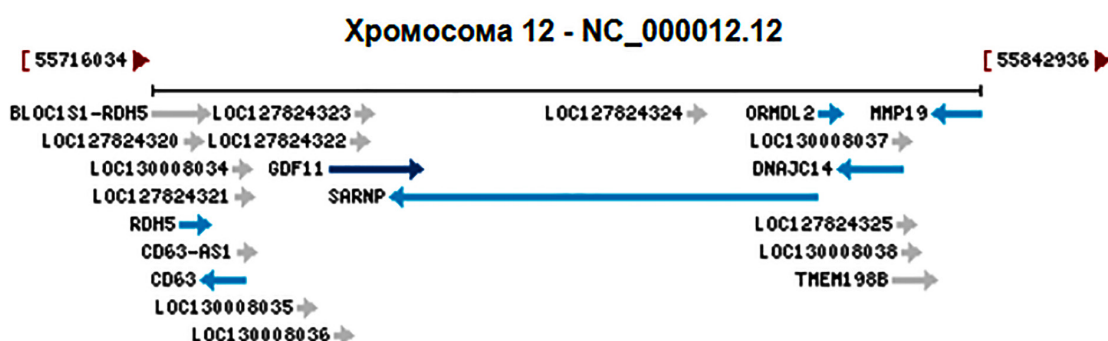


Рисунок 1 – Кодирование белка GDF-11 хромосомой 12 -NC\_000012.12  
 Figure 1 – GDF-11 protein coding by 12 -NC\_000012.12 chromosome

оснований. Затем с помощью ДНК-полимеразы достроены цепи с заполнением промежутков между олигонуклеотидами. На последнем этапе сконструированный ген амплифицировался путем стандартной ПЦР. Последовательности, кодирующие белок GDF-11 (генная модификация), после амплификации обрабатывали эндонуклеазами рестрикции *Bam*HI, *Xho*I и клонировали в вектор pET-25b(+) по сайтам узнавания этих ферментов. Клоны были отсеквенированы методом Сэнгера.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Создание пищевой продукции функционального и специализированного назначения на основе биологически активных белков является сложной задачей в связи с действием ферментов, начиная с амилазы и липазы, обнаруженных в слюне и расщепляющих белки на пептиды и более мелкие молекулы. При попадании в желудок белки подвергаются кислотному воздействию и протеолизу катепсином и пепсином. Даже если пептид, полученный при гидролизе белка в желудке, остается интактным, то в просвете тонкой кишки происходит изменение кислотности и образуется большое количество протеолизирующих ферментов, включая трипсин, химотрипсин и карбоксипептидазу.

По сравнению с биологическими препаратами период полураспада пептидов в крови значительно короче (дни по сравнению с неделями), что может приводить к снижению их эффективности. Для сохранения и усиления биологических свойств пептидов можно использовать несколько способов, например, циклизацию.

Методы циклизации широко использовались в области производства пептидов и достигались несколькими способами: циклизации от головки к хвосту, от головки (хвоста) к боковой цепи или от боковой цепи к боковой цепи. Тип циклизации от боковой цепи к боковой цепи называется сшиванием. Данный метод позволяет зафиксировать пептид в желаемой конформации. Сшивание пептидов обычно используется для улучшения вторичной структуры пептида, такой как  $\alpha$ -спирали и  $\beta$ -витки, что может улучшить сродство связывания с мишенью и усилить биологические свойства и доступность [20].

Существуют две подгруппы пептидных сшивающих средств (ПС): одноком-

понентные (1С) и двухкомпонентные (2С). В однокомпонентном пептидном сшивании (1С-PS) имеется внутримолекулярная связь между часто неестественными боковыми цепями аминокислот и может допускаться циклизация в зависимости от вторичной структуры.

Нами разработан новый сшитый белок GDF-11 (генная модификация) с использованием циклизации. В частности, в аминокислотные последовательности белка GDF-11 TVDFEAFGWD и FMQKYRHTNL введены два аминокислотных остатка цистеина (С) на основе двухкомпонентных (2С) групп и получены следующие – TCDFEAFGCD и FCQKYRHTCL.

Для повышения стабильности пептидных последовательностей в исследуемом белке была проведена замена L-аминокислот на D-аминокислоты. Так, у D-аминокислотной последовательности снижено распознавание субстрата и сродство к связыванию с протеолитическими ферментами [21]. Примером увеличения периода полураспада биологически активного пептида является модификация соматостатина до октреотида, используемого для лечения опухолей желудочно-кишечного тракта. Аминокислотная последовательность октреотида включает две D-аминокислоты, тогда как соматостатин состоит только из L-аминокислот. В результате период полувыведения увеличивается от нескольких минут для соматостатина до 1,5 часов для октреотида, что усиливает биологическое действие [22].

Проведен синтез двух генов, кодирующих GDF-11 (генная модификация), и клонирование синтезированных последовательностей в вектор pET-25b(+). В роли продуцента для экспрессии нового белка предполагается применять *E. coli*, что позволяет получить чистый белок с применением плазмид без введения антибиотиков. В таблице 1 представлены праймеры для синтеза генов белка GDF 11 (генная модификация). На рисунке 2 дана хроматограмма праймеров для синтеза генов GDF 3 F (генная модификация).

Для получения белка GDF-11 (генно-модифицированного) ДНК-матрицу для выбранного необходимо включить в вектор, специфичный для хозяина, в данном случае, в клетки *E. coli*. Этот вектор



Таблица 1 – Праймеры для синтеза генов белка GDF 11

Table 1 – Primers for the synthesis of GDF 11 protein genes

| Название гена  | Название праймера | Последовательность праймера, 5'–3'                                |
|--|-------------------|---|
| Последовательность, кодирующая белок GDF-11 (генная модификация) | GDF 3 F           | TGGCCATGGATATCGGAATTAATTCGGATCCaAA<br>CggtGGTCTTGACTGCGATGAACA    |
|  | GDF 4 R           | CGACCGTCAGCGGATAACGACAACAGCGGCTTT<br>CtacGGAATGTTTCATCGCAGTCAAGAC |
|  | GDF 5 F           | CCGCTGACGGTCGATTTTCGAAGCGTTCGGCTGGG<br>ATTGGATCATTGCTCCGCGCCGTTAC |
|  | GDF 6 R           | GCAgttGCCAGAGCAATAGTTTGCTTTGTAACGGC<br>GCGGAGCAATG                |
|  | GDF 7 F           | GCTCTGGCCAGTGCAGTACATGTTTATGCAGAA<br>ATATCCGCACACCCATTTAG         |
|  | GDF 8 R           | GGGCCC GCGCTACAGCGCGGATTGGCCTGCTGT<br>ACTAAATGGGTGTGCGGATATT      |
|  | GDF 9 F           | GCGCGGGCCCGTGCTGCACACCTACCAAGATGT<br>CGCCCATTAAC                  |
|  | GDF 10 R          | TGTTGTTTGTTCATTAAGTACAGCATGTTAATGG<br>GCGACATCTTGGTAGG            |
|  | GDF 11 F          | TGCTGTACTTTAATCCTAAACTTCAGATTATTTAT<br>GGTAAGATCCCACGTATGGTGGTT   |
|  | GDF 12 R          | TCGAGACTACATCCGCATCGATCAACCACCATAC<br>GTGGGATCTTA                 |
|  | GDF 13 R          | TGCGGATGTAGTCTCGAGATCAAACGGGCTAGC<br>CAGCCAGAACTCGCCCCGGAAG       |

состоит из промотора, который может быть либо индуцируемым, либо конститутивным; сигнального пептида, который либо специфичен для хозяина, либо является частью гена белка; затем ДНК, кодирующей сам белок.

В качестве используемого вектора будет плаزمид, праймеры которой показаны в таблице 1.

**Заключение.** Полученная модификация белка, возможно, позволит усилить биодоступность, устойчивость к протеолизу и, соответственно, биологическую активность.

*Заключительные выводы об эффективности генной модификации известного белка следует сделать после подтверждения в ходе экспериментов in vitro и in vivo.*

*В дальнейшем при положительном результате нового белка целесообразно будет рассмотреть его использование в качестве функциональных ингредиентов, но только на экспериментальных животных в целях развития возможности применения технологий генного модифицирования в пищевой отрасли в научных исследованиях.*

#### Список источников

1. Pham P. V. Medical biotechnology: techniques and applications. Ch. 19 // Barh D., Azevedo V. (Eds.). Omics technologies and bio-engineering towards improving quality of life. Academic Press, 2018. P. 449–469. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804659-3.00019-1>.
2. Khan S., Ullah M. W., Siddique R., Nabi G., Manan S., Yousaf M. [et al.]. Role of recombinant DNA technology to improve life // International Journal of Genomics. 2016. Vol. 1. P. 2405954. <https://doi.org/10.1155/2016/2405954>.

3. Klein-Marcuschamer D., Oleskowicz-Popiel P., Simmons B. A., Blanch H. W. The challenge of enzyme cost in the production of lignocellulosic biofuels // *Biotechnology and Bioengineering*. 2012. Vol. 109. No. 4. P. 1083–1087. <https://doi.org/10.1002/bit.24370>.
4. Vestergaard M., Chan S. H. J., Jensen P. R. Can microbes compete with cows for sustainable protein production – a feasibility study on high quality protein // *Scientific reports*. 2016. Vol. 6. P. 36421. <https://doi.org/10.1038/srep36421>.
5. Permyakova L., Sergeeva I., Ryabokoneva L., Atuchin V., Li Y., Markov A. Peptides of yeast *Saccharomyces cerevisiae* activated by the malt sprout extract: Preparation, identification and bioactivity // *Food Bioscience*. 2024. Vol. 61. P. 104867. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104867>.
6. Sergeeva I., Permyakova L., Markov A., Ryabokoneva L., Atuchin V., Anshukov A. [et al.]. Peptides of yeast *Saccharomyces cerevisiae* activated by the aquatic extract of *Atriplex sibirica* L. // *ACS Food Science & Technology*. 2024. Vol. 4. No. 1. P. 173–189. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.3c00455>.
7. Keppler J. K., Heyse A., Scheidler E., Uttinger M. J., Fitzner L., Jandt U. [et al.]. Towards recombinantly produced milk proteins: physicochemical and emulsifying properties of engineered whey protein beta-lactoglobulin variants // *Food Hydrocolloids*. 2021. Vol. 110. P. 106132. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106132>.
8. Karbalaee M., Rezaee S. A., Farsiani H. *Pichia pastoris*: a highly successful expression system for optimal synthesis of heterologous proteins // *Journal of Cellular Physiology*. 2020. Vol. 235. No. 9. P. 5867–5881. <https://doi.org/10.1002/jcp.29583>.
9. Ward O. P. Production of recombinant proteins by filamentous fungi // *Biotechnology Advances*. 2012. Vol. 30. No. 5. P. 1119–1139. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.09.012>.
10. Pourmir A., Johannes T. W. Directed evolution: selection of the host organism // *Computational and Structural Biotechnology Journal*. 2012. Vol. 2. No. 3. P. e201209012. <https://doi.org/10.5936/csbj.201209012>.
11. Гапонова Л. В., Логвинова Т. Т., Першикова А. В., Решетник Е. И. Соя в лечебно-профилактическом и детском питании // *Молочная промышленность*. 1999. № 5. С. 25–27. EDN NVBNEP.
12. Решетник Е. И., Шарипова Т. В., Максимюк В. А. Возможность использования нутовой муки в производстве мясорастительных полуфабрикатов для геродиетического питания // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2014. № 1 (29). С. 48–51. EDN TMWSRL.
13. Мифтахутдинова Е. А., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., Пестова И. Г., Пищиков Г. Б., Попова Д. Г. [и др.]. Мясной паштет для геродиетического питания при активном образе жизни // *Ползуновский вестник*. 2020. № 2. С. 70–74. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.013>. EDN SJTHKM.
14. Miftahutdinova E. A., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V. Development of lithium-containing feed additive and its use for fortification of chicken broilers meat and by-products // *Theory and Practice of Meat Processing*. 2020. Vol. 5. No. 1. P. 27–31. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2020-5-1-27-31>.
15. Loch J. I., Bonarek P., Tworzydło M., Polit A., Hawro B., Lach A. [et al.]. Engineered b-lactoglobulin produced in *E. coli*: purification, biophysical and structural characterization // *Molecular Biotechnology*. 2016. Vol. 58. No. 10. P. 605–618. <https://doi.org/10.1007/s12033-016-9960-z>.
16. Jensen H. B., Holland J. W., Poulsen N. A., Larsen L. B. Milk protein genetic variants and isoforms identified in bovine milk representing extremes in coagulation properties // *Journal of Dairy Science*. 2012. Vol. 95. No. 6. P. 2891–2903. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5346>.
17. Karo T., Lee R. T. GDF-11 as a potential cardiac pro-angiogenic factor // *JACC. Basic to Translational Science*. 2023. Vol. 8. No. 6. P. 636–637. <https://doi.org/10.1016/j.jacbts.2023.04.003>.
18. Lian J., Walker R. G., D’Amico A., Vujic A., Mills M. J., Messemer K. A. [et al.]. Functional substitutions of amino acids that differ between GDF11 and GDF8 impact skeletal

development and skeletal muscle // Life Science Alliance. 2023. Vol. 6. No. 3. P. e202201662. <https://doi.org/10.26508/lsa.202201662>.

19. Harper S. C., Johnson J., Borghetti G., Zhao H., Wang T., Wallner M. [et al.]. GDF11 decreases pressure overload-induced hypertrophy, but can cause severe cachexia and premature death // Circulation Research. 2018. Vol. 123. No. 11. P. 1220–1231. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.118.312955>.

20. Cooper B. M., Iegre J., O' Donovan D. H., Halvarsson M. Ö., Spring D. R. Peptides as a platform for targeted therapeutics for cancer: peptide-drug conjugates (PDCs) // Chemical Society reviews. 2021. Vol. 50. No. 3. P. 1480–1494. <https://doi.org/10.1039/d0cs00556h>.

21. Di L. Strategic approaches to optimizing peptide ADME properties // The AAPS Journal. 2015. Vol. 17. No. 1. P. 134–143. <https://doi.org/10.1208/s12248-014-9687-3>.

22. Wu H., Huang J. Optimization of protein and peptide drugs based on the mechanisms of kidney clearance // Protein and Peptide Letters. 2018. Vol. 25. No. 6. P. 514–521. <https://doi.org/10.2174/0929866525666180530122835>.

### References

1. Pham P. V. Medical biotechnology: techniques and applications. Ch. 19. In.: Barh D., Azevedo V. (Eds.). Omics technologies and bio-engineering towards improving quality of life, Academic Press, 2018, P. 449–469. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804659-3.00019-1>.

2. Khan S., Ullah M. W., Siddique R., Nabi G., Manan S., Yousaf M. [et al.]. Role of recombinant DNA technology to improve life. International Journal of Genomics, 2016;1: 2405954. <https://doi.org/10.1155/2016/2405954>.

3. Klein-Marcuschamer D., Oleskowicz-Popiel P., Simmons B. A., Blanch H. W. The challenge of enzyme cost in the production of lignocellulosic biofuels. Biotechnology and Bioengineering, 2012;109;4:1083–1087. <https://doi.org/10.1002/bit.24370>.

4. Vestergaard M., Chan S. H. J., Jensen P. R. Can microbes compete with cows for sustainable protein production – a feasibility study on high quality protein. Scientific reports, 2016;6:36421. <https://doi.org/10.1038/srep36421>.

5. Permyakova L., Sergeeva I., Ryabokoneva L., Atuchin V., Li Y., Markov A. Peptides of yeast *Saccharomyces cerevisiae* activated by the malt sprout extract: Preparation, identification and bioactivity. Food Bioscience, 2024;61:104867. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.104867>.

6. Sergeeva I., Permyakova L., Markov A., Ryabokoneva L., Atuchin V., Anshukov A. [et al.]. Peptides of yeast *Saccharomyces cerevisiae* activated by the aquatic extract of *Atriplex sibirica* L. ACS Food Science & Technology, 2024;4;1:173–189. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.3c00455>.

7. Keppler J. K., Heyse A., Scheidler E., Uttinger M. J., Fitzner L., Jandt U. [et al.]. Towards recombinantly produced milk proteins: physicochemical and emulsifying properties of engineered whey protein beta-lactoglobulin variants. Food Hydrocolloids, 2021;110:106132. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106132>.

8. Karbalaie M., Rezaee S. A., Farsiani H. *Pichia pastoris*: a highly successful expression system for optimal synthesis of heterologous proteins. Journal of Cellular Physiology, 2020; 235;9:5867–5881. <https://doi.org/10.1002/jcp.29583>.

9. Ward O. P. Production of recombinant proteins by filamentous fungi. Biotechnology Advances, 2012;30;5:1119–1139. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.09.012>.

10. Pourmir A., Johannes T. W. Directed evolution: selection of the host organism. Computational and Structural Biotechnology Journal, 2012;2;3:e201209012. <https://doi.org/10.5936/csbj.201209012>.

11. Gaponova L. V., Logvinova T. T., Pershikova A. V., Reshetnik E. I. Soybean in medical and preventive and children's nutrition. *Molochnaya promyshlennost'*, 1999;5:25–27. EDN NVBNEP (in Russ.).

12. Reshetnik E. I., Sharipova T. V., Maksimyuk V. A. Possibility of application chick-pea flour in the production of meat-vegetable prepared foods for elderly nutrition. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2014;1(29):48–51. EDN TMWSRL (in Russ.).
13. Miftakhutdinova E. A., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Pestova I. G., Pishchikov G. B., Popova D. G. [et al.]. Meat pate for gerodietic nutrition for active lifestyle. *Polzunovskiy vestnik*, 2020;2:70–74. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.013>. EDN SJTHKM (in Russ.).
14. Miftakhutdinova E. A., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V. Development of lithium-containing feed additive and its use for fortification of chicken broilers meat and by-products. Theory and Practice of Meat Processing, 2020;5;1:27–31. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2020-5-1-27-31>.
15. Loch J. I., Bonarek P., Tworzydło M., Polit A., Hawro B., Lach A. [et al.]. Engineered b-lactoglobulin produced in *E. coli*: purification, biophysical and structural characterization. *Molecular Biotechnology*, 2016;58;10:605–618. <https://doi.org/10.1007/s12033-016-9960-z>.
16. Jensen H. B., Holland J. W., Poulsen N. A., Larsen L. B. Milk protein genetic variants and isoforms identified in bovine milk representing extremes in coagulation properties. *Journal of Dairy Science*, 2012;95;6:2891–2903. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5346>.
17. Karo T., Lee R. T. GDF-11 as a potential cardiac pro-angiogenic factor. *JACC. Basic to Translational Science*, 2023;8;6:636–637. <https://doi.org/10.1016/j.jacbts.2023.04.003>.
18. Lian J., Walker R. G., D'Amico A., Vujic A., Mills M. J., Messemmer K. A. [et al.]. Functional substitutions of amino acids that differ between GDF11 and GDF8 impact skeletal development and skeletal muscle. *Life Science Alliance*, 2023;6;3:e202201662. <https://doi.org/10.26508/lsa.202201662>.
19. Harper S. C., Johnson J., Borghetti G., Zhao H., Wang T., Wallner M. [et al.]. GDF11 decreases pressure overload-induced hypertrophy, but can cause severe cachexia and premature death. *Circulation Research*, 2018;123;11:1220–1231. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.118.312955>.
20. Cooper B. M., Iegre J., O' Donovan D. H., Halvarsson M. Ö., Spring D. R. Peptides as a platform for targeted therapeutics for cancer: peptide-drug conjugates (PDCs). *Chemical Society reviews*, 2021;50;3:1480–1494. <https://doi.org/10.1039/d0cs00556h>.
21. Di L. Strategic approaches to optimizing peptide ADME properties. *The AAPS Journal*, 2015;17;1:134–143. <https://doi.org/10.1208/s12248-014-9687-3>.
22. Wu H., Huang J. Optimization of protein and peptide drugs based on the mechanisms of kidney clearance. *Protein and Peptide Letters*, 2018;25;6:514–521. <https://doi.org/10.2174/0929866525666180530122835>.

© Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., Валиева Ш. С., 2024

Статья поступила в редакцию 15.08.2024; одобрена после рецензирования 05.09.2024; принята к публикации 06.09.2024.

The article was submitted 15.08.2024; approved after reviewing 05.09.2024; accepted for publication 06.09.2024.

### Информация об авторах

**Тихонов Сергей Леонидович**, доктор технических наук, профессор кафедры химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов, Уральский государственный лесотехнический университет; профессор кафедры пищевой инженерии и аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет, [tihonov75@bk.ru](mailto:tihonov75@bk.ru);

**Тихонова Наталья Валерьевна**, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой пищевой инженерии и аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет;

**Валиева Шолпан Сергеевна**, аспирант, Южно-Уральский государственный аграрный университет



**Information about the authors**

**Sergey L. Tikhonov**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Chemical Technology of Wood, Biotechnology and Nanomaterials, Ural State Forestry University; Professor of the Department of Food Engineering and Agricultural Production, Ural State Agrarian University, [tikhonov75@bk.ru](mailto:tikhonov75@bk.ru);

**Natalya V. Tikhonova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Engineering and Agricultural Production, Ural State Agrarian University;

**Sholpan S. Valieva**, Postgraduate Student, South 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.**

## ПОРЯДОК НАПРАВЛЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К НАУЧНЫМ СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК»

Представленные к публикации статьи должны содержать результаты неопубликованных законченных научных исследований, представлять научную новизну и иметь практическую значимость.

**Редакция журнала принимает статьи по следующим научным специальностям:**

- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки).
- 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки).
- 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки).
- 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические науки, ветеринарные науки).
- 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки, сельскохозяйственные науки).
- 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).
- 4.3.3. Пищевые системы (технические науки).

Авторы несут ответственность за соблюдение прав третьих лиц, достоверность сведений, используемых в материалах статьи и достоверность источников, указанных в работе.

Принимаются оригинальные научные статьи, неопубликованные ранее и не отправленные для публикации в другие издания. Проверка на оригинальность проводится в системе «Антиплагиат». Минимальный уровень оригинальности текста – 80 %. Самоцитирование, как и цитирование других авторов, должно быть обоснованным и соответствовать тематике, целям и задачам научной работы.

Допускается самоцитирование в объеме не более 10 %.

Объем научной статьи должен составлять не менее 25 000 знаков с пробелами, что приблизительно соответствует 15–16 страницам текста, набранного шрифтом размером 14 пт, полусторонним межстрочным интервалом, включая текст таблиц и аннотацию (в подсчет не включается список источников и переведенный текст).

При подаче статьи авторы указывают: ФИО полностью, место работы, должность, ученое звание, степень, контактную информацию (телефон, e-mail, почтовый адрес для отправки печатной версии журнала).

Обязательно – Author ID (идентификатор автора в РИНЦ).

Желательно – ORCID (международный, открытый идентификатор исследователя и автора). Регистрация на сайте <https://orcid.org/>

Принимается рукопись статьи, имеющая не более 5 авторов.

**Структура статьи** должна быть разбита на логично взаимосвязанные разделы с использованием следующих подзаголовков: «Введение», «Материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Заключение», «Список источников». Во введении в обязательном порядке указывается цель исследования, в заключении приводятся выводы.

В аннотации указывают существо проведенных автором научных исследований, выполненные автором работы и полученные результаты. Аннотация должна показывать научную новизну и практическую значимость проведенного исследования. Структура аннотации аналогична структуре статьи. *Рекомендуемый объем аннотации – от 200 до 250 слов. При подготовке аннотации необходимо соблюдать следующие правила:*

1) аннотация излагается тезисно, простыми короткими предложениями; при этом начинать каждое предложение рекомендуется с глагола в прошедшем времени (исследовано..., проведен анализ..., доказано..., обосновано... и т. д.);

2) при изложении аннотации нужно использовать простые речевые обороты, не усложнять и не загромождать текст сложными конструкциями; не приводить примеры;

3) аннотация не должна содержать дополнительную интерпретацию или критические замечания автора статьи; в ней также не должно быть информации, которой нет в статье;

4) в аннотации не следует приводить мнения ученых по научной проблеме, делать их аналитический обзор, давать ссылки на использованные источники;

5) необходимо избегать употребления личных местоимений (нами выполнено, мы доказали, на наш взгляд, мы полагаем и т. д.); следует выражаться обезличено;

6) в аннотации не допускается дословное повторение формулировок научной статьи, простое копирование ее положений;

7) в аннотации запрещается разрывать текст на абзацы, а также использовать иллюстрации, таблицы, формулы и сноски.

Текст научной статьи должен быть тщательно вычитан и отредактирован. При этом в процессе редакционно-издательской обработки в текст могут вноситься изменения лингвостилистического характера, а также изменения в части соответствия представления текста требованиям государственных стандартов.

Текст научной статьи набирается в текстовом редакторе с использованием формата листа А4. Размеры полей листа: верхнее, нижнее и правое – по 20 мм; левое – 25 мм. Используется шрифт Times New Roman с кеглем 14 пт (в отношении таблиц, рисунков размер шрифта может понижаться, но не ниже, чем 10 пт; формул – не ниже, чем 12 пт). Принимается полуторный междустрочный интервал (при подготовке таблиц, рисунков, формул допускается одинарный интервал). **Автоматическая расстановка переносов не устанавливается.**

**До основного текста статьи приводят на языке текста статьи, а затем повторяют на английском языке (кроме УДК) следующую информацию:**

- код УДК;
- через одну строку: *название статьи* (строчными буквами (с первой прописной), полужирным начертанием шрифта, с выравниванием по центру, без абзацного отступа);
- через одну строку: *имя, отчество (при наличии) и фамилия автора (полностью)*;
- на следующей строке – *полное наименование организации*, являющейся местом работы (учебы) автора, с указанием региона, города и страны; адреса электронной почты автора;
- в случае нескольких авторов статьи информация повторяется для каждого автора в отдельности; при этом, если все авторы статьи работают (обучаются) в одной организации, место работы (учебы) каждого автора отдельно не указывается;
- через одну строку – *Аннотация*;
- на следующей строке – *Ключевые слова*. Количество ключевых слов (словосочетаний) не должно быть меньше 5 и больше 10 слов (словосочетаний), отражающих предметную и терминологическую область статьи.

После ключевых слов – *Благодарности*, где приводят слова благодарности организациям, научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в проведении исследования, подготовке статьи, а также сведения о финансировании исследования, подготовки и публикации статьи.

**При изложении текста статьи необходимо соблюдать правила:**

1. В тексте статьи картинки и фотографии применяются только в случае необходимости, с учетом научной значимости изображения.
2. Рисунки, диаграммы, графики – не цветные. Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. В отдельных случаях, исходя из научной целесообразности, допускается включение цветного изображения.
3. Таблицы, формулы, диаграммы, блок-схемы приводить только в редактируемом формате. Не допускается вставка данных объектов в виде картинок, фотографий, сканированных изображений. Рекомендуется приложить к тексту статьи файлы, в которых содержатся соответствующие объекты, выполненные в программах *Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Visio*.
4. При размещении диаграммы следует подписывать оси, указывая соответствующие величины и их размерность; приводить легенду; а, по возможности, и подписи данных.
5. При создании математических формул допускается использовать «Редактор уравнений» *Microsoft Word*, либо специализированную программу *Math Type* не ниже седьмой версии. Не следует применять редактор формул *Microsoft Equation*.
6. В тексте допустимо использование только общепринятых сокращений, установленных правилами русского языка, и общеизвестных аббревиатур; в остальных случаях – автор обязательно должен давать расшифровку. Это же касается и обозначений, приводимых в формулах, блок-схемах.
7. Подписи к изображениям, рисункам, таблицам, графикам, диаграммам повторяются на английском языке.

**При оформлении списка источников следует учитывать:**

1. Список источников должен включать только те источники, которые были использованы при проведении исследования и подготовке статьи.
2. Список источников – не менее 10 и не более 20 источников, в том числе
  - не менее 50 % ссылок на публикации из периодических изданий – журналов за последние 5 лет;
  - не менее 30 % ссылок – на публикации из ядра РИНЦ;
  - допускается не более 10 % ссылок старше 10 лет; ссылки на такие источники должны быть логически обоснованы;
  - ссылки на материалы конференции – не более 3 лет после опубликования материалов;
  - в числе источников должно быть не менее 20 % зарубежных публикаций.

3. В список источников **не включаются** неопубликованные работы, учебники и учебные пособия, тезисы материалов конференций, сведения о положительных решениях и заявках на получение патентов на изобретения и полезные модели, диссертации. При необходимости сослаться на результаты диссертационного исследования – в списке приводятся журнальные статьи, опубликованные по результатам исследования или автореферат диссертации.

4. Не рекомендуется ссылаться на издания, недоступные для большинства читателей и не имеющие авторства (ведомственные издания и инструкции, ГОСТ, СНИП, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и журналах, общепринятые методики, официальные сайты и т. д.). Ссылка на данные документы оформляется в тексте (закljučаются в круглые скобки) или оформляется подстрочными ссылками в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008.

5. При ссылке на нормативный документ обязательно указывать дату его принятия, номер и название нормативного акта.

6. *Список источников оформляют в соответствии с ГОСТ 7.0.5–2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».*

**При этом нужно учесть, что в заголовке описания источника (перед названием) указываются все авторы. В случае, если авторов больше 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.

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)