

# ИННОВАЦИИ и продовольственная безопасность

INNOVATIONS AND FOOD SAFETY



**№4(46)2024**

Теоретический и научно-практический журнал



Теоретический и  
научно-практический  
журнал

ISSN 2311 0651

# ИННОВАЦИИ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Innovations and Food Safety

№ 4 (46) 2024



Новосибирск 2024



Смирнов Павел Николаевич  
27.01.1944 – 17.11.2024

---

## ОТ РЕДАКЦИИ

С прискорбием сообщаем уважаемым читателям, что на 81-м году жизни скоропостижно скончался доктор ветеринарных наук, заслуженный деятель РФ, почетный профессор Якутской ГСХА, Таджикского и Новосибирского ГАУ, идейный вдохновитель и бессменный главный редактор журнала «Инновации и продовольственная безопасность» Смирнов Павел Николаевич.

Родился П.Н. Смирнов в 1944 г. В 1971 г., после срочной службы в рядах Советской армии, окончил с отличием Омский государственный ветеринарный институт.

После окончания института два с половиной года работал в экспедиции Главного управления ветеринарии МСХ РСФСР при Сибирском НИВИ, а все последующие годы посвятил научно-исследовательской и педагогической работе. До 1991 г. работал в ИЭВиДВ СО РАСХН, пройдя путь от младшего научного сотрудника до заведующего лабораторией, отделом, а в последующем стал заместителем директора ИЭВСиДВ по региональной научной политике. В 1999–2004 гг. работал ректором Новосибирского регионального института переподготовки руководящих кадров и специалистов АПК, а с 2004 г. до последнего времени трудился в НГАУ. С 2005 до 2023 г. заведовал кафедрой физиологии и биохимии человека и животных.

Сфера научных интересов П.Н. Смирнова – изучение патогенеза злокачественных болезней, главным образом лейкоза крупного рогатого скота, разработка новых методов диагностики и реализация в различных регионах Сибири и Дальнего Востока научно обоснованной системы борьбы с гемобластозами.

Павел Николаевич внес большой вклад и в науку, и в подготовку кадров – как специалистов, так и научных работников. Под его руководством защищено более 50 докторских и кандидатских диссертаций.

Около 15 лет П.Н. Смирнов посвятил формированию научной школы ветеринарных онкологов-экологов в Республике Саха (Якутия).

Результаты научных изысканий П.Н. Смирнова изложены в 13 изданных совместно с коллегами монографиях, более чем 300 научных статьях. Кроме того, он являлся автором двух изобретений и трех рационализаторских предложений федерального уровня. Им изданы также многочисленные учебные и методические пособия.

За большой вклад в организацию оздоровления сельскохозяйственных предприятий от лейкоза крупного рогатого скота П.Н. Смирнов был награжден многочисленными почетными грамотами губернаторов Новосибирской, Томской, Кемеровской областей и Республики Саха (Якутия).

Коллеги и друзья навсегда запомнят Павла Николаевича как человека неравнодушного, всегда готового прийти на помощь. Он любил жизнь и заражал своим оптимизмом всех вокруг. С ним всегда интересно было говорить, и не только на профессиональные темы, поскольку он очень много читал, многим интересовался, много примечательных наблюдений делал в своих командировках по стране. Светлая Вам память, дорогой Павел Николаевич.



**ИННОВАЦИИ И  
ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ**

**Теоретический  
и научно-практический  
журнал**

**№ 4 (46) 2024**

Учредитель:  
ФГБОУ ВО  
«Новосибирский  
государственный  
аграрный университет»

Выходит ежеквартально  
Основен в мае 2013 года

Зарегистрирован  
Федеральной службой по надзору  
в сфере связи, информационных  
технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор)  
ПИ № ФС 77-82304 от 10.11.2021

Подписной индекс в Объединенном  
каталоге «Пресса России» – 40553

Журнал включен в Перечень  
рецензируемых научных изданий, в  
которых должны быть опубликованы  
основные научные результаты  
диссертаций на соискание ученой степени  
кандидата наук, на соискание ученой  
степени доктора наук

Адрес редакции и издателя:  
630039, Новосибирск,  
ул. Добролюбова, 160  
Тел./факс: 8 (383) 264-28-00  
E-mail: smirnov.271@mail.ru

Тираж 500 экз.

Технический редактор Г.В. Вдовина  
Редактор Е.В. Владимирская  
Компьютерная верстка В.С. Колбин

Подписано в печать 28 декабря 2024 г.  
Дата выхода в свет 28 декабря 2024 г.  
Свободная цена  
Формат 60 × 84 1/8.  
14,0 усл. печ. л.  
Бумага офсетная  
Гарнитура «Times». Заказ № 2786.

Отпечатано в Издательском центре  
НГАУ «Золотой колос»  
630039, Новосибирск,  
ул. Добролюбова, 160

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**Председатель редакционной коллегии**

**Е.В. Рудой** (Новосибирский государственный аграрный университет), д-р экон. наук, проф., чл.-корр. РАН.

**Главный редактор**

**П.Н. Смирнов** (Новосибирский государственный аграрный университет), д-р вет. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, почетный профессор Арктического государственного агротехнологического университета (АГАТУ), Таджикского ГАУ, Новосибирского ГАУ.

**Члены редакционной коллегии:**

**М.И. Воевода** (Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины), д-р мед. наук, проф., акад. РАН, член-корр. РАН.

**А.С. Донченко** (Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук. Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока), д-р вет. наук, проф., акад. РАН, вице-президент РАСХН, заслуженный деятель науки РФ.

**К.В. Жучаев** (Новосибирский государственный аграрный университет), д-р биол. наук, проф., заслуженный работник высшей школы.

**С.П. Князев** (Новосибирский государственный аграрный университет), канд. биол. наук, действительный член Российской академии естественных наук, почетный работник высшего профессионального образования РФ.

**В.А. Козлов** (Научно-исследовательский институт фундаментальной и клинической иммунологии), д-р мед. наук, проф., акад. РАН, заслуженный деятель науки РФ.

**С.Н. Магер** (Новосибирский государственный аграрный университет, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук. Сибирский научно-исследовательский и проектно-технологический институт животноводства), д-р биол. наук, проф.

**Р.С. Москалик** (Молдавский НИИ животноводства и ветеринарии), д-р хабилитат вет. наук, проф., акад. МАИ.

**К.Я. Мотовилов** (Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук. Сибирский научно-исследовательский и технологический институт переработки сельскохозяйственной продукции) д-р биол. наук, проф., член-корр. РАН.

**Г.А. Ноздрин** (Новосибирский государственный аграрный университет), д-р вет. наук, проф., заслуженный работник высшей школы РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, почетный доктор Санкт-Петербургской академии ветеринарной медицины, академик Экологической академии, заслуженный деятель науки Новосибирской области.

**В.А. Тутельян** (Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи), д-р мед. наук, проф., акад. РАН, иностранный член НАН РА, заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии Правительства РФ.

**О.К. Мотовилов** (Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук. Сибирский научно-исследовательский и технологический институт переработки сельскохозяйственной продукции), д-р техн. наук.

**С.Л. Гаптар** (Новосибирский государственный аграрный университет), канд. техн. наук, доц.

**Г.М. Крохта** (Новосибирский государственный аграрный университет), д-р техн. наук, проф., почетный работник высшего профессионального образования РФ, кавалер ордена «Знак Почета».

**Ю.А. Гуськов** (Новосибирский государственный аграрный университет), д-р техн. наук, доц., почетный работник высшего профессионального образования, почетный работник агропромышленного комплекса России.

**А.А. Долгушин** (Новосибирский государственный аграрный университет), д-р техн. наук, доц.

**А.Т. Стадник** (Новосибирский государственный аграрный университет), д-р экон. наук, проф.

**С.А. Шелковников** (Новосибирский государственный аграрный университет), д-р экон. наук, проф.

\* На обложке использован логотип ©World Trade Organization (WTO)

\*\* Использован логотип, опубликованный на интернет-ресурсе [http://ru.freepik.com/free-vector/ecology-and-recycling-icons\\_376900.htm](http://ru.freepik.com/free-vector/ecology-and-recycling-icons_376900.htm)

## INNOVATIONS AND FOOD SAFETY

Theoretical  
and practical  
scientific journal

**№ 4 (46) 2024**

Founder:  
FHOB  
«Novosibirsk  
State  
Agrarian University»

Published quarterly  
Founded in may 2013

Registered  
van Federal service for supervision of  
Telecom and mass communications  
PI № FS 77-82304 dated 10.11.2021

Subscription index in United catalogue  
«Press of Russia» – 40553

The journal is included in the List  
of peer-reviewed scientific publications,  
where must be published basic  
scientific results  
dissertations on competition  
of a scientific degree  
candidate of Sciences, on competition  
of a scientific degree of doctor of science

Address of Editorial office:  
160 Dobrolyubova Str.,  
630039 Novosibirsk  
Tel/fax: 8 (383) 264-28-00  
E-mail: smirnov.271@mail.ru

Circulation is 500 issues

Technical editor G.V. Vdovina  
Editor E.V. Vladimirovskaya  
Desktop publishing V.S. Kolbin

Passed for printing  
on December 28th 2024  
Release date December 28th 2024  
Free price  
Size is 60x 84 1/8,  
Volume contains 14,0 publ.  
Offset paper is used  
Typeface is Times. Order No. 2786.

Printed in "Zolotoy Kolos" Publ.  
of Novosibirsk State Agrarian University  
160 Dobrolyubova Str., office 106,  
630039 Novosibirsk.

## EDITORIAL BOARD

### Chairman of the editorial board

**E.V. Rudoy** (Novosibirsk State Agrarian University), Doctor of Economics Sciences, Professor, corresponding member of the Russian Academy of Sciences

### Chief Editor

**P.N. Smirnov** (Novosibirsk State Agrarian University), Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Honorary Professor of the Arctic State Agrotechnological University (ASAU), Tajik State Agrarian University (TSAU), Novosibirsk State Agrarian University (NSAU).

### Members of the editorial board:

**M.I. Voevoda** (Federal Research Center for Fundamental and Translational Medicine), Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Medical Sciences.

**A.S. Donchenko** (Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences. Institute of Experimental Veterinary Medicine of Siberia and the Far East), Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Vice-President of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation.

**K.V. Zhuchayev** (Novosibirsk State Agrarian University), Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Education

**S.P. Knyazev** (Novosibirsk State Agrarian University), Candidate of Biological Sciences, Full Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation.

**V.A. Kozlov** (Research Institute of Fundamental and Clinical Immunology), Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation.

**S.N. Mager** (Novosibirsk State Agrarian University, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences. Siberian Research and Design Institute of Animal Husbandry), Doctor of Biological Sciences, Professor

**R.S. Moskalik** (Moldovan Research Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine), Doctor of Habilitation of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the International Academy of Informatization.

**K.Ya. Motovilov** (Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences. Siberian Research and Technological Institute of Agricultural Products Processing) Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences

**G.A. Nozdrin** (Novosibirsk State Agrarian University), Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Honorary Doctor of the St. Petersburg Academy of Veterinary Medicine, Academician of the Ecological Academy, Honored Scientist of the Novosibirsk Region.

**V.A. Tutelyan** (Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety), Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Medical Sciences, foreign member of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Honored Scientist of the Russian Federation, Laureate of the RF Government Prize.

**O.K. Motovilov** (Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences. Siberian Research and Technological Institute of Agricultural Products Processing), Doctor of Technical Sciences.

**S.L. Gaptar** (Novosibirsk State Agrarian University) Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**G.M. Krokhta** (Novosibirsk State Agrarian University), Doctor of Technical Sciences, Professor, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Commander of the Order of the Badge of Honor.

**Yu.A. Guskov** (Novosibirsk State Agrarian University), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Honorary Worker of Higher Professional Education, Honorary Worker of the Russian Agro-Industrial Complex.

**A.A. Dolgushin** (Novosibirsk State Agrarian University), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

**A.T. Stadnik** (Novosibirsk State Agrarian University), Doctor of Economics, Professor

**S.A. Shelkovnikov** (Novosibirsk State Agrarian University), Doctor of Economics, Professor

\*Logo World Trade Organization (WTO) is used on the cover.

\*\*Logo published [http://ru.freepik.com/free-vector/ecology-and-recycling-icons\\_376900.htm](http://ru.freepik.com/free-vector/ecology-and-recycling-icons_376900.htm) is used.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

**Контроль качества и безопасность сельскохозяйственного сырья и продуктов переработки***Бондарчук О.Н., Ульрих Е.В., Федоров Д.Е., Соснина О.Б.*КОЛИЧЕСТВЕННАЯ И КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ  
В ДОМОХОЗЯЙСТВАХ ..... 9*Колпакова Д.Е., Степанова А.А., Плешивцев И.И., Лузянин С.Л., Асякина Л.К.*ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ МУКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ  
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ХЛЕБА НА ЗАКВАСКЕ ..... 17**Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология***Бугуев Е.Г.*ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИКА, ФИТОБИОТИКА И ИХ КОМПЛЕКСА НА МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ  
СЫВОРОТКИ КРОВИ ТЕЛЯТ ..... 28*Лазарева М.В., Шкиль Н.А.*ВЛИЯНИЕ ХЕЛАТНОГО СОЕДИНЕНИЯ ЦИНКА НА ПОКАЗАТЕЛИ УБОЯ И МОРФОЛОГИЮ  
ПЕЧЕНИ ПЕРЕПЕЛОВ ..... 35*Эленишлегер А.А., Леляк А.И., Требухов А.В.*ПРИМЕНЕНИЕ ПРОБИОТИКОВ ВЕТОМ 1 И ВЕТОМ 1.2 В РАННИЙ ПОСТНАТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД  
У ТЕЛЯТ ..... 43**Технологии содержания, кормления и обеспечение ветеринарного благополучия  
в продуктивном животноводстве***Дуров А.С., Плешаков В.А., Солошенко В.А.*

ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ СТАДА БЫЧКОВ ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ ..... 49

**Достижения ветеринарной науки и практики***Блажко Н.В., Вышегуров С.Х., Нгурандэ Ч.А., Плюта А.Т., Кузьмак Я.М.*АНАЛИЗ ВАРИАЦИЙ АМИНОКИСЛОТНЫХ ЗАМЕН И МИКРОРНК ИЗОЛЯТОВ ВИРУСА ЛЕЙКОЗА  
КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ..... 60**Рациональное природопользование, экология и охрана окружающей среды***Гапонов Н.В., Шмат Е.В., Амироков М.А.*БИОМЕТРИЧЕСКИЕ И ГИСТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ  
ПРИ СНИЖЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ ЖИВОТНОГО ПРОТЕИНА В РАЦИОНЕ ..... 74*Касьянов А.А., Никитин Д.А.*ЭКСТЕНСИВНОСТЬ ИНВАЗИИ МЕТАЦЕРКАРИЯМИ *POSTODIPLOSTOMUM CUTICOLA* РЫБЫ,  
ВЫЛОВЛЕННОЙ В ВОДОЕМАХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ЛЕТОМ 2024 ГОДА ..... 82**Ресурсосберегающие технологии в земледелии, агрохимии, селекции и семеноводстве***Кизимова Т.А., Васильева Н.В., Шпак В.А.*НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАПАСОВ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ В ПОЧВЕ ПЕРЕД  
ПОСЕВОМ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ..... 91*Яковлев М.А., Петров А.Ф., Чудинова Ю.В., Лаврищев И.Е., Кархардин И.В.*СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ  
ВЫСЕВА И ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПЕРЕД ПОСЕВОМ ..... 103

**Региональная и отраслевая экономика**

|                                                                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Завальнюк Е.Ю., Завальнюк А.В.</i><br>КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО ПРОИЗВОДСТВА МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР .....                                                                                     | 110 |
| <i>Кузнецова И.Г., Валь О.М.</i><br>ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ГОСУДАРСТВЕННОЙ<br>ПОДДЕРЖКИ АГРАРНОЙ ОТРАСЛИ КРАЙНЕГО СЕВЕРА .....                         | 118 |
| <i>Никольский Я.С.</i><br>К ВОПРОСУ О ПРОБЛЕМАХ И ТЕНДЕНЦИЯХ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ<br>ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ .....                                                | 127 |
| <i>Цынгеева В.В., Самохвалова А.А., Афанасьева Т.А.</i><br>ЗАДАЧИ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ<br>ОВЦЕВОДЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ .....                                   | 139 |
| <i>Чернова С.Г., Баскаков С.М., Христенко А.Г., Бабкин М.Н.</i><br>МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТА-ПОДТАЛКИВАТЕЛЯ<br>КОРМОВ НА МОЛОЧНЫХ ФЕРМАХ .....            | 147 |
| <i>Шинделова О.С., Гаерюк С.А.</i><br>ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ И ВЫЗОВОВ В ОБЛАСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМА-<br>ЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: РОЛЬ И МЕСТО МАЛЫХ ФОРМ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ ..... | 159 |

**CONTENTS****Quality control and safety of agricultural raw materials and processed products**

|                                                                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Bondarchuk O.H., Ulrich E.V., Fedorov D.E., Sosnina O.B.</i><br>QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ASSESSMENT OF FOOD WASTE GENERATED IN HOUSEHOLDS....                                                     | 9  |
| <i>Kolpakova D.E., Stepanova A.A., Pleshivtsev I.I., Luzyanin S.L., Asyakina L.K.</i><br>PROSPECTS FOR USING NON-TRADITIONAL TYPES OF FLOUR TO INCREASE THE BIOLOGICAL<br>VALUE OF SOURDOUGH BREAD ..... | 17 |

**Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology and toxicology**

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Buguev E.G.</i><br>IMPLICATION PROBIOTIC, PHYTOBIOTIC AND THEIR COMPLEX ON THE MINERAL COMPOSITION<br>OF BLOOD SERUM CALVES .....                   | 28 |
| <i>Lazareva M.V., Shkil H.A.</i><br>EFFECT OF ZINC CHELATE ON SLAUGHTER AND LIVER MORPHOLOGY OF QUAIL .....                                            | 35 |
| <i>Elenschlager A.A., Lelyak A.I., Trebukhov A.V.</i><br>THE USE OF PROBIOTICS VETOM 1 AND VETOM 1.2. IN THE EARLY POSTNATAL PERIOD<br>IN CALVES ..... | 43 |

**Technologies for keeping, feeding and ensuring veterinary well-being in productive livestock**

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Durov A.S., Pleshakov V.A., Soloshenko V.A.</i><br>EVALUATION OF HEREFORD BULL HERD STRUCTURE ..... | 49 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|



**Achievements of Veterinary Science and Practice***Blazhko N.V., Vyshegurov S.H., Ngirande Ch.A., Pluta A.T., Kuzmak J.M.*

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ANALYSIS OF VARIATIONS IN AMINO ACID SUBSTITUTIONS AND MICRORNA ISOLATES<br>OF BOVINE LEUKEMIA VIRUS ..... | 60 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**Rational nature management, ecology and environmental protection***Gaponov N.V., Shmat E.V., Amirokov M.A.*

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| BIOMETRIC AND HISTOPATHOLOGICAL PARAMETERS OF RAINBOW TROUT WITH A DECREASE<br>IN ANIMAL PROTEIN CONTENT IN THE DIET ..... | 74 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*Kasyanov A.A., Nikitin D.A.*

|                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| THE EXTENT OF INVASION BY POSTODIPLOSTOMUM CUTICOLA METACERCARIAE OF FISH<br>CAUGHT IN THE RESERVOIRS OF THE CHUVASH REPUBLIC IN THE SUMMER OF 2024 ..... | 82 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

**Resource-saving technologies in agriculture, agrochemistry, breeding and seed production***Kizimova T.A., Vasilieva H.B., Shpak V.A.*

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| NEURAL NETWORK FORECASTING OF PRODUCTIVE MOISTURE RESERVES IN SOIL BEFORE<br>SOWING GRAIN CROPS ..... | 91 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

*Yakovlev M.A., Petrov A.F., Chudinova Yu.V., Lavrishchev I.E., Karkhardin I.V.*

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| SEED PRODUCTIVITY OF THE EASTERN GOAT HUSK DEPENDING ON THE SEEDING RATE<br>AND SEED TREATMENT BEFORE SOWING ..... | 103 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

**Regional and sectoral economy***Zavalnyuk E.Y., Zavalnyuk A.V.*

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| A CONCEPTUAL MODEL OF SUSTAINABLE OILSEED PRODUCTION ..... | 110 |
|------------------------------------------------------------|-----|

*Kuznetsova I.G., Val O.M.*

|                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ENSURING FOOD SECURITY THROUGH THE PRISM OF STATE SUPPORT FOR<br>THE AGRICULTURAL SECTOR OF THE FAR NORTH ..... | 118 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Nikolsky Y.S.*

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ON THE ISSUE OF PROBLEMS AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL<br>PRODUCERS IN THE NOVOSIBIRSK REGION ..... | 127 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Tsyngueva V.V., Samokhvalova A.A., Afanasieva T.A.*

|                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| THE TASKS OF IMPLEMENTING THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT<br>ON THE EXAMPLE OF THE SHEEP INDUSTRY ..... | 139 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Chernova S.G., Baskakov S.M., Khristenko A.G., Babkin M.N.*

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| METHODOLOGY FOR DETERMINING THE EFFECTIVENESS OF USING A FEED BOOSTER<br>ROBOT ON DAIRY FARMS ..... | 147 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

*Shindelova O.S., Gavryuk S.A.*

|                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| IDENTIFICATION OF THE MAIN PROBLEMS AND CHALLENGES IN THE FIELD OF DIGITAL<br>TRANSFORMATION IN AGRICULTURE: THE ROLE AND PLACE OF SMALL BUSINESS ..... | 159 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|



КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТЬ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ  
И ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ

QUALITY CONTROL AND SAFETY  
OF AGRICULTURAL RAW MATERIALS  
AND PROCESSED PRODUCTS

УДК 628.4.042

DOI:10.31677/2311-0651-2024-46-4-9-16

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ И КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ,  
ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ДОМОХОЗЯЙСТВАХ

<sup>1</sup>О.Н. Бондарчук, аспирант

<sup>2</sup>Е.В. Ульрих, доктор технических наук, доцент

<sup>3</sup>Д.Е. Федоров, кандидат технических наук

<sup>4</sup>О.Б. Соснина, кандидат технических наук

<sup>1,3</sup>Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкова

<sup>2</sup>Калининградский государственный технический университет

<sup>4</sup>ООО «Управляющая компания Фуд-Мастер»

E-mail: b120983@list.ru

**Ключевые слова:** пищевые отходы, домохозяйства, количественная оценка, семья, окружающая среда, углеводные, жировые, белковые.

**Реферат.** Проведено статистическое исследование, направленное на установление количественных и качественных показателей пищевых отходов, образующихся в быту семей. Для этой цели было проведено анкетирование 400 семей из 4 городов: Москва, Новосибирск, Томск, Кемерово. Анкеты содержали в себе вопросы о социально-демографических данных, а также вопросы, касающиеся пищевых отходов, и дневник наблюдений за образованием отходов. Получены данные по количеству пищевых отходов, а также их составу. Проведен анализ полученных данных. Установлено, что одна семья образует в среднем 1,6 кг пищевых отходов в неделю, что эквивалентно 82,4 кг отходов в год. В пересчете на среднее количество людей в одной семье было получено значение 29,9 кг пищевых отходов в год на одного человека. При этом данный показатель варьирует в довольно широком диапазоне в зависимости от семей. Помимо количественной оценки пищевых отходов была также проведена их качественная оценка. Для этого была составлена база отходов, разделенная на 3 группы: белковые отходы, жировые отходы и углеводные отходы. Обработка данных анкет производилась с помощью программы Microsoft Excel. После было посчитано среднее арифметическое значение по всем анкетам. По результатам анализа установлено, что наибольшая доля пищевых отходов домохозяйств приходится на углеводные продукты (порядка 48 %). Доля жировых и белковых продуктов приблизительно одинакова и составляет 27 и 25 % соответственно. По результатам опроса, наиболее частой причиной возникновения пищевых отходов в быту семей отмечается порча продуктов. Ошибка приготовления в общей структуре составляет всего 6 %.

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE ASSESSMENT OF FOOD WASTE  
GENERATED IN HOUSEHOLDS

<sup>1</sup>O.N. Bondarchuk, PhD student

<sup>2</sup>E.V. Ulrich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

<sup>3</sup>D.E. Fedorov, PhD in Technical Sciences

<sup>4</sup>O.B. Sosnina, PhD in Technical Sciences

<sup>1,3</sup>Kuzbass State Agrarian University named after: V.N. Poletskova

<sup>2</sup>Kaliningrad State Technical University

<sup>4</sup>LLC "Management Company Food-Master"

**Keywords:** food waste, households, quantification, family, environment, carbohydrate, fat, protein.

**Abstract.** *A statistical study was conducted aimed at establishing quantitative and qualitative indicators of food waste, which is required in the household of families. For this purpose, a survey of 400 families from 4 cities was conducted: Moscow, Novosibirsk, Tomsk, Kemerovo. The questionnaires contained questions of socio-demographic data, as well as questions on food waste and a diary of observations of waste formation. Data on the amount of food waste, as well as their composition, were obtained. The analysis of the obtained data is carried out. It was found that one family generates an average of 1.6 kg of food waste per week, which is equivalent to 82.4 kg of waste per year. In terms of the average number of people in one family, a value of 29.9 kg of food waste per year per person was obtained. At the same time, this indicator varies in a fairly wide range depending on families. In addition to the quantitative assessment of food waste, a qualitative assessment was also carried out. To do this, a waste database was compiled, divided into 3 groups: protein waste, fat waste and carbohydrate waste. The data processing of the questionnaires was carried out using the Microsoft Excel program. After that, the arithmetic mean value was calculated for all questionnaires. According to the results of the analysis, it was found that the largest share of household food waste is accounted for by carbohydrate products (about 48 %). The proportion of fat and protein products is approximately the same and amounts to 27 and 25 %, respectively. According to the results of the survey, the most common cause of food waste in the household of families is food spoilage. The cooking error in the total proportion is only 6 %.*

Проблеме образования пищевых отходов долгое время не уделялось должного внимания. Документация отходов не велась на должном уровне и в целом вопрос изучался довольно слабо. Однако в настоящее время снижение количества пищевых отходов рассматривается как одна из ключевых задач [1]. И на это есть свои причины.

Пищевые отходы не только наносят экономический ущерб предприятиям, но и представляют определенную опасность с экологической точки зрения. Дело в том, что, согласно исследованиям, на каждый 1 кг пищевых отходов выделяется около 4,5 кг углекислого газа [2]. Разлагающиеся пищевые отходы выделяют метан, который, как известно, вносит более сильный вклад в парниковый эффект, чем углекислый газ, и действует губительно на атмосферу планеты. К сожалению долгое время этот фактор упускался из виду и ему не оказывали должного внимания[3].

Кроме влияния на атмосферу, пищевые отходы представляют собой опасность и для водных ресурсов. Особенно это касается предприятий пищевой промышленности, которые выбрасывают большие объемы загрязненных сточных вод, представляющие опасность с экологической точки зрения [4]. Поэтому во многих странах ведутся исследования, направленные на разработку эффективных способов очистки сточных вод [5].

Пищевые отходы можно даже разделить на предотвратимые и неизбежные. Пищевые отходы, которых можно было бы избежать, состоят из продуктов, которые могли быть съедены: остатки еды, испорченная и просроченная еда. Неизбежные пищевые отходы состоят из несъедобных частей, таких как кожура, кости, скорлупа, кофейная гуща и др. [6, 7, 12].

Все источники возникновения пищевых отходов можно условно разделить на 3 категории: торговые сети различного уровня, предприятия общественного питания и домохозяйства. Согласно докладу ООН, порядка 60 % пищевых отходов образуется в домохозяйствах, 28 % – от служб общественного питания и 12 % – от розничной торговли. По данным этого же доклада, в 2022 г. было выброшено 1,05 млрд тонн еды, в том числе – более одного миллиарда порций пищи в день. Количество отходов, приходящихся на домохозяйства, составляет 630



млн тонн в год [8, 13, 14]. Тот факт, что большая часть отходов образуется именно в домохозяйствах, подтверждают и другие научные работы [9, 10].

По России довольно мало данных о количестве и составе пищевых отходов, образующихся во всех трех сегментах. Таким образом, возникает необходимость в проведении исследований, направленных на устранение данного пробела.

Целью исследований был определен количественный и качественный анализ пищевых отходов, образующихся в домохозяйствах РФ.

Для проведения исследований было выполнено анкетирование 400 семей в 4 городах России (по 100 семей на каждый город): Москва, Новосибирск, Томск, Кемерово. Анкеты содержали в себе вопросы о социально-демографических данных (учитывающие доходы, уровень образования и другие факторы), а также вопросы, касающиеся пищевых отходов и дневник наблюдений за образованием отходов. Следует отметить, что среди опрошенных семей были люди со средним доходом, то есть не было очень богатых и людей с доходом ниже прожиточного уровня. Респонденты в течение 2 недель каждый день должны были отмечать количество отходов и их состав.

Анкеты обрабатывались в программе Microsoft Excel для получения статистических данных.

Для распределения пищевых отходов по категориям (белковые, жировые, углеводные) была составлена расчетная матрица, структура которой приведена в таблице 1.

Ячейки A1, B1 и C1 содержат в себе базы соответственно углеводных, белковых и жировых продуктов. Столбцы D, F и G необходимы для исключения ошибок: если они возникают по каким-то причинам (например вес указан не в обычном формате в г, а в количестве шт.), то ячейке присваивается 0. В этом случае после обработки значение исправляется вручную. Указанная матрица была составлена для всех 3 видов продуктов – белковых, жировых и углеводных. После этого полученные значения отходов по трем категориям суммировались.

Таблица 1

Структура расчетной матрицы  
Structure of the calculation matrix

|   | A                   | B                                       | C                      | D                 | E                 | F                 | G                       | H                 |
|---|---------------------|-----------------------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| 1 | База углеводных     | База белки                              | База жиры              |                   |                   |                   |                         |                   |
| 2 | Вид пищевого отхода | Сколько (вес) (например, при бл. 100 г) | Отформ. значение       | Удаление ошибок   | Поиск в базе      | Удаление ошибок   | Присвоение веса отходов | Удаление ошибок   |
| 3 | Каша овсяная        | 100 г                                   | =ЗНАЧЕН(ЛЕВСИМВ(B3;3)) | =ЕСЛИОШИБКА(C3;0) | =ПОИСК(A3;\$A\$1) | =ЕСЛИОШИБКА(F3;0) | =ЕСЛИ(F3>1;D3;0)        | =ЕСЛИОШИБКА(G3;0) |

Сначала были определены объемы отходов, образующихся во дворах жилых домов. Для этого был проведен мониторинг степени заполненности мусорных баков в трех дворах на разное количество семей. Мониторинг осуществлялся каждый день в течение двух недель. Объекты мониторинга представлены в таблице 2.

Таблица 2

Объекты мониторинга  
Monitoring objects

| Двор № | Количество семей | Объем мусорного бака, м <sup>3</sup> | Количество баков |
|--------|------------------|--------------------------------------|------------------|
| 1      | 250              | 2                                    | 8                |
| 2      | 250              | 2                                    | 8                |
| 3      | 40               | 1,5                                  | 2                |

На рисунке 1 приведены графики динамики изменения степени заполненности мусорных баков в течение исследуемого периода.

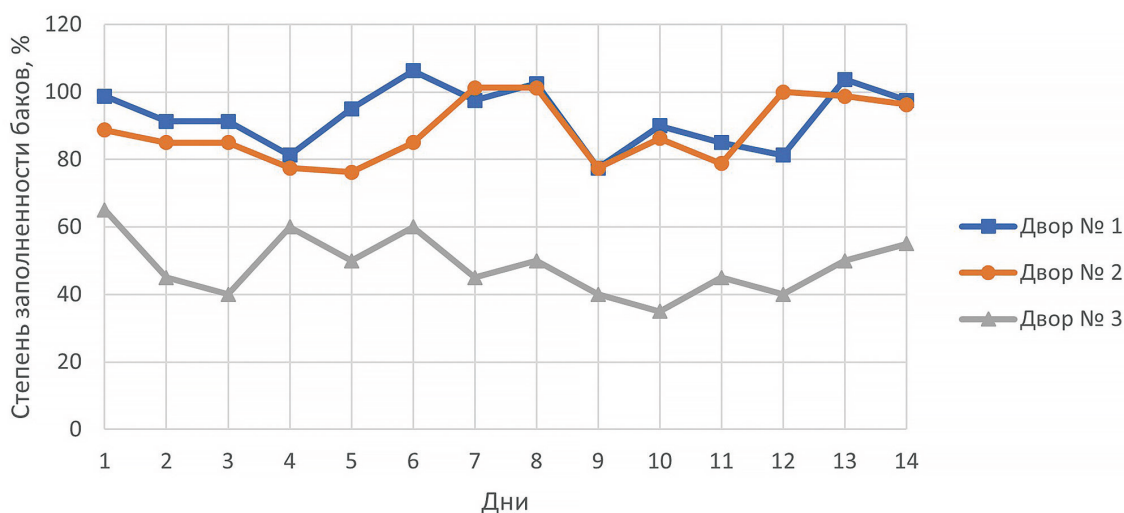


Рис. 1. Динамика степени заполненности мусорных баков

Fig. 1. Dynamics of the degree of filling of garbage cans

Для дворов № 1 и 2 на 250 семей среднее значение степени заполненности мусорных баков составляет 92 и 88 % соответственно, для двора № 3 на 40 семей – 48 %. Таким образом, можно вычислить средний объем отходов  $V_{cp}$  в день на одну семью по следующей формуле:

$$V_{cp} = \frac{n_6 V_i k}{n_c}, \quad (1)$$

где  $n_6$  – количество баков во дворе;  $V_i$  – объем одного бака, м<sup>3</sup>;  $k$  – степень наполненности баков;  $n_c$  – количество семей во дворе.

По формуле 1 были получены следующие значения: для двора № 1 – 0,059 м<sup>3</sup>; для двора № 2 – 0,056 м<sup>3</sup>; для двора № 3 – 0,036 м<sup>3</sup>. Таким образом, среднее значение по всем дворам составило 0,05 м<sup>3</sup> в день на одну семью. Разумеется, в этот объем входят не только пищевые отходы.

Поэтому для определения более точного количества пищевых отходов было проведено анкетирование семей в 4 городах. Всего было обработано 400 анкет, по 100 на каждый город.

По результатам анализа анкет, одна семья в неделю образует в среднем 1,6 кг пищевых отходов. Это эквивалентно 82,4 кг отходов в год. Указанное значение может существенно варьировать в зависимости от семей.

На рисунке 2 приведена гистограмма, демонстрирующая распределение количества пищевых отходов в неделю на одну семью по диапазонам значений. Представленные данные свидетельствуют о том, что подавляющее большинство семей (74,5 %) образует менее 2 кг пищевых отходов в неделю. При этом пик приходится на диапазон от 1 до 2 кг в неделю.

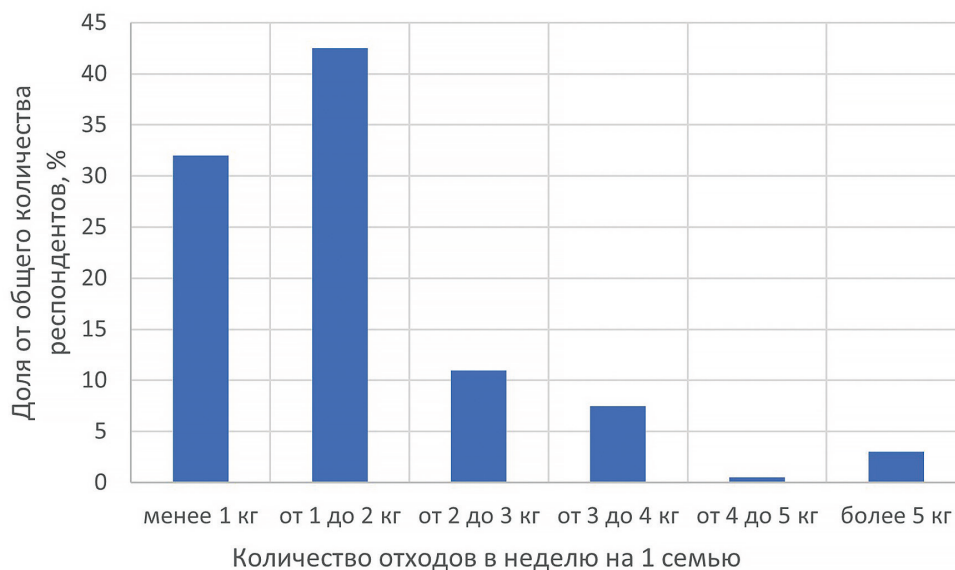


Рис. 2. Гистограмма распределения количества отходов семей по диапазонам

Fig. 2. Histogram of distribution of the number of family wastes by ranges

Помимо количественного анализа пищевых отходов была также проведена качественная оценка. Для этого продукты были поделены на 3 категории: белковые (говядина, курица, рыба, сыр, творог, яйца, индейка, печень куриная, морепродукты и др.), жировые (мясные полуфабрикаты, колбасные изделия, орехи, субпродукты, мясо свинины, сало, масло сливочное, маргарин, майонез и др.) и углеводные (макаронные изделия, хлебобулочные изделия, овощи, молочные каши, кондитерские изделия, сухофрукты, фрукты, картофель, рис и др.). Составлена база продуктов для каждой категории и подсчитано количество отходов. Диаграмма распределения пищевых отходов домохозяйств по составу представлена на рисунке 3.

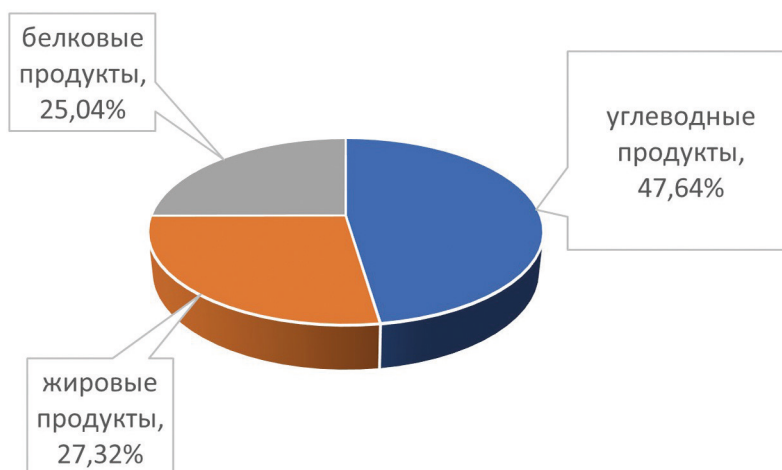


Рис. 3. Диаграмма распределения пищевых отходов домохозяйств по составу

Fig. 3. Diagram of household food waste distribution by composition

Представленные данные свидетельствуют о том, что наибольшую часть пищевых отходов, образующихся в домохозяйствах, составляют углеводные продукты (47,6 %). Доля жировых и белковых отходов приблизительно одинакова и равна 27 и 25 % соответственно. Такое распределение вызвано тем фактом, что в питании населения преобладают именно углеводные продукты, а отношение белков к жирам составляет 8:10 [11].



Подсчитано среднее количество человек в семье, и путем деления годового количества пищевых отходов семей (82,4 кг) на полученное значение было определено количество пищевых отходов на человека – 30 кг в год.

В анкете одним из вопросов был вопрос о причинах возникновения пищевых отходов. На рисунке 4 представлены результаты опроса.



Рис. 4. Результаты опроса о причинах возникновения пищевых отходов в домохозяйствах

Fig. 4. Results of the survey on causes of food waste in households

По результатам опроса, наиболее частой причиной образования пищевых отходов является порча продукта. Ошибка приготовления была отмечена лишь в 6 % случаев. Категория «другое» составила 5 % и включала в себя различные причины: высыхание продукта в холодильнике, не понравившийся вкус, падение продуктов на пол, порча еды домашними животными и др. [15].

На вопрос о том, как часто вы готовите дома, доля ответов респондентов выглядит следующим образом (рис. 5).

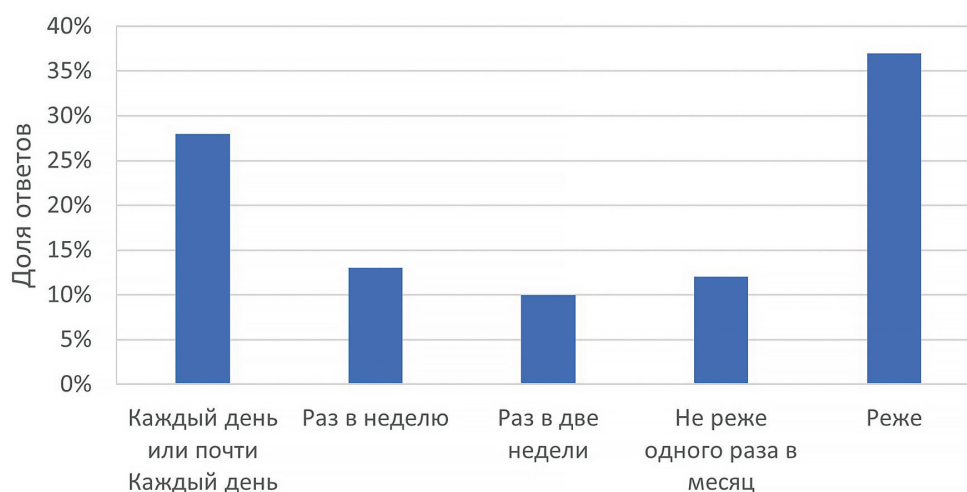


Рис. 5. Доля ответов на вопрос «Как часто вы готовите дома?»

Fig. 5. Share of answers to the question “How often do you cook at home?”

Примечательно, что порядка 37 % респондентов на вопрос «Как часто вы готовите дома?» ответили «реже 1 раза в месяц». Это обусловлено ростом популярности предприятий общественного питания, а также сервисов заказа еды на дом. Каждый день или почти каждый день готовят 28 % опрошенных домохозяйств. Указанные данные несколько различаются в разных городах, но в целом данное распределение сохраняется.

Таким образом, была проведена количественная и качественная оценка пищевых отходов, образующихся в домохозяйствах. Были получены следующие выводы.

1. Установлено, что на одну семью приходится 82,4 кг пищевых отходов в год, а на одного человека – 30 кг пищевых отходов в год.

2. Большая часть пищевых отходов (47,6 %) приходится на углеводные продукты (хлебобулочные и кондитерские изделия, овощи, каши, сухофрукты, фрукты и др.), остальная часть, белковые и жировые продукты, делится приблизительно пополам.

3. В домохозяйствах порча продукта является наиболее частой причиной возникновения отходов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванова В.В. Пищевые отходы как фактор SOS // Твердые бытовые отходы. – 2015. – № 3 (105). – С. 46–47.
2. Юдин А.Г., Цапко П.О. Пути решения проблемы пищевых отходов в Московском регионе // Экология и промышленность России. – 2014. – № 9. – С. 44–49.
3. Ефимова Е. Нет пищевым отходам // Твердые бытовые отходы. – 2017. – № 3 (129). – С. 42–43.
4. Чукунова В.В., Стуженко Н.И., Яцук Ю.А. Пищевая промышленность как источник образования отходов // Дневник науки. – 2023. – № 9 (81).
5. Губарева Л.И. Обоснование и разработка эколого-экономических инструментов управления пищевыми отходами // Стратегия развития индустрии гостеприимства и туризма. – 2011. – С. 30–34.
6. Potentials for food waste minimization and effects on potential biogas production through anaerobic digestion / A.B.S. Schott [et al.] // Waste Management & Research. – P. 1–9. – DOI: 10.1177/0734242X13487584.
7. Exploring household food waste issue in Algeria / S. Ali Arous [et al.] / Agrofor International Journal. 2017. – Vol. 2, № 1. – P. 55–67.
8. Food Waste Index Report 2024. Think Eat Save: Tracking Progress to Halve Global Food Waste [Электронный ресурс] // United Nations Environment Programme. – 2024. – URL: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/45230> (дата обращения: 11.04.2024).
9. Exploring household food waste issue in Algeria / S.A. Arous [et al.] // Agrofor. – 2017. – Vol. 2. – № 1. – P. 55–67.
10. Food wastage by Tunisian households / Kh. Sassi [et al.] // Agrofor. – 2016. – Vol. 1. – № 1. – P. 172–181.
11. Евстратова В.С., Раджаббадиев Р.М., Ханферьян Р.А. Структура потребления макронутриентов населением различных регионов Российской Федерации // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № 2. – С. 34–37.
12. Гурьянов И.Е. Инновационное развитие сферы здорового питания как фактор продовольственной безопасности // Вектор экономики. – 2023. – № 10 (88).
13. Неуструева А.С. Рынок общественного питания в России: ключевые особенности и тенденции развития // Дневник науки. – 2024. – № 2 (86).
14. Like grandmother, like mother, like daughter? Intergen-erational influence on consumer intention to reduce food waste [Электронный ресурс] / V. Filimonau [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2023. – Vol. 416, article 137920. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137920> (дата обращения: 11.04.2024).
15. Religiosity and food waste behavior at home and away [Электронный ресурс] / V. Filimonau [et al.] // Journal of Hospitality Marketing & Management. – 2022. – URL: <https://doi.org/10.1080/19368623.2022.2080145> (дата обращения: 11.04.2024).

## REFERENCES

1. Ivanova V.V. *Tverdye bytovye othody*, 2015, No. 3 (105), pp. 46–47. (In Russ.)
2. Judin A.G., Capko P.O., *Jekologija i promyshlennost' Rossii*, 2014, No. 9, pp. 44–49. (In Russ.)
3. Efimova E. *Tverdye bytovye othody*, 2017, No. 3 (129), pp. 42–43. (In Russ.)
4. Chikunova V.V., Stuzhenko N.I., Jacuk Ju.A., *Dnevnik nauki*, 2023, No. 9 (81), (In Russ.)
5. Gubareva L.I. *Strategija razvitija industrii gostepriimstva i turizma*, 2011, pp. 30–34. (In Russ.)
6. Schott A.B.S., Vukicevic S., Bohn I., Andersson T., *Waste Management & Research*, 2013, pp. 1–9. DOI: 10.1177/0734242X13487584.
7. Ali Arous S., Capone R., Debs P., Haddadi Y., El Bilali H., Bottalico F., Hamidouche V., *Agrofor International Journal*, 2017, Vol. 2, N 1, pp. 55–67.
8. United Nations Environment Programme (2024), Food Waste Index Report 2024, Think Eat Save: Tracking Progress to Halve Global Food Waste, available at: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/45230>. (April 11, 2024).
9. Arous S.A., Capone R., Debs Ph., Haddadi Ya., Bilali H.El., Bottalico F., Hamidouche M., Exploring household food waste issue in Algeria, *Agrofor*, 2017, Vol. 2, No. 1, P. 55–67.
10. Sassi Kh., Capone R., Abid G., Debs Ph., Bilali H.El., Bouacha O.D., Bottalico F., Driouech N., Terras D.S., Food wastage by Tunisian households, *Agrofor*, 2016, Vol. 1, No. 1, P. 172–181.
11. Evstratova V.S., Radzhabkadiyev R.M., Hanfer'jan R.A., *Voprosy pitaniya*, 2018, Vol. 87, No. 2, pp. 34–37. (In Russ.)
12. Guryanov I.E. *Vector of economics*, 2023, No. 10 (88). (In Russ.)
13. Neustrueva A.S. *Dnevnik nauki*, 2024, No. 2 (86). (In Russ.)
14. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137920> (April 11, 2024).
15. <https://doi.org/10.1080/19368623.2022.2080145> (April 11, 2024).

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ МУКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ХЛЕБА НА ЗАКВАСКЕ

Д.Е. Колпакова, аспирант  
А.А. Степанова, аспирант  
И.И. Плешивцев, аспирант  
С.Л. Лузянин, доктор биологических наук  
Л.К. Асякина, доктор технических наук, доцент  
Кемеровский государственный университет  
E-mail: kolpakova1205@mail.ru

**Ключевые слова:** овсяная мука, льняная мука, жирные кислоты, жиры, нетрадиционное сырье, функциональные продукты, альтернатива пшеничной муке.

**Реферат.** Пшеничная мука является основным ингредиентом в хлебопечении, однако содержит в себе небольшое количество жиров и жирных кислот. Поэтому целесообразно вводить в рецептуру нетрадиционные виды сырья, богатые жирными кислотами. К такому сырью относятся различные нетрадиционные виды муки, такие как овсяная и льняная. Содержание жира в них в 2–3 раза больше, чем в пшеничной муке. Они обладают широким жирнокислотным профилем. В льняной муке обнаружено 15 жирных кислот, среди которых преобладают: 8-октадеценовая, 11,14-октадекадиеновая, 9,12,15-октадекатриеновая и гексадекановая (пальмитиновая). В овсяной муке 8 жирных кислот, при этом 17-октадеценовая и 9-октадеценовая (олеиновая) представлены в наибольшем количестве. Хлеб на закваске с добавлением овсяной или льняной муки демонстрирует приятные органолептические характеристики, такие как аромат, вкус, текстура и внешний вид. Данные виды хлеба соответствуют требованиям качества и безопасности, установленным ГОСТом, что подтверждается результатами проведенных соответствующих лабораторных анализов. Так, показатель кислотности находится в пределах от 9,26 до 10,19 град., что не превышает норму, равную 12 град. Некоторые значения показателя влажности превышают допустимое значение (51 %), однако превышение является незначительным и не оказывает негативного влияния на органолептические показатели и структуру конечного продукта. Значения пористости соответствуют требованиям нормативной документации и находятся в пределах от 45 до 60 %.

## PROSPECTS FOR USING NON-TRADITIONAL TYPES OF FLOUR TO INCREASE THE BIOLOGICAL VALUE OF SOURDOUGH BREAD

D.E. Kolpakova, PhD student  
A.A. Stepanova, PhD student  
I.I. Pleshivtsev, PhD student  
S.L. Luzyanin, Doctor of Biological Sciences  
L.K. Asyakina, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor  
Kemerovo State University

**Keywords:** oat flour, flaxseed flour, fatty acids, fats, non-traditional raw materials, functional products, alternative to wheat flour.

**Abstract.** Wheat flour is the main ingredient in baking, but it contains a small amount of fats and fatty acids. Therefore, it is advisable to introduce non-traditional raw materials rich in fatty acids into the recipe. Such raw materials include various non-traditional types of flour, such as oat flour and flax flour. Their fat content is 2–3 times higher than in wheat flour. They have a wide fatty acid profile. There are 15 fatty acids in flaxseed meal, among which 8-octadecenoic, 11,14-octadecadienoic, 9,12,15-octadecatrienoic and hexadecanoic (palmitic) are predominant. There are 8 fatty acids in oatmeal, with 17-octadecenoic and 9-octadecenoic (oleic) fatty acids being represented in the greatest amount. Bread on sourdough with the addition of oat flour or flax



*flour shows pleasant organoleptic characteristics such as aroma, flavor, texture and appearance. These types of bread meet the quality and safety requirements established by GOST, which is confirmed by the results of relevant laboratory analyses. Thus, the acidity index is within the range from 9.26 to 10.19 degrees, which does not exceed the norm of 12 degrees. Some values of moisture exceed the permissible value (51%), but the excess is insignificant and does not have a negative impact on the organoleptic characteristics and structure of the final product. Porosity values correspond to the requirements of the normative documentation and are within the range from 45 to 60 %.*

Овес представляет собой ценный источник пищевых волокон и питательных веществ, что делает его перспективным в использовании для расширения ассортимента продуктов, направленных на улучшение здоровья. Высокое содержание жиров в овсе, преимущественно представленное ненасыщенными жирными кислотами (около 80 % от общего количества), обуславливает его значительную пищевую ценность [1].

Жирные кислоты, помимо энергетической функции, играют важную роль в регуляции различных физиологических процессов, способствуют укреплению здоровья и снижению массы тела. Особый интерес представляет значительное содержание мононенасыщенных жирных кислот в овсе, которые, как было доказано, обладают антигипертензивными и гиполипидемическими свойствами [2].

Основными компонентами жировой фракции овса являются олеиновая, линолевая и пальмитиновая кислоты, вместе с тем линоленовая и стеариновая кислоты присутствуют в незначительных количествах [3].

Таким образом, овес представляет собой уникальный продукт, обладающий множеством полезных свойств, что делает его важным элементом в рационе современного человека [3].

Льняные семена, являющиеся ценным источником питательных веществ, богаты жирами, белками, углеводами, минералами, витаминами, пищевыми волокнами, а также биологически активными соединениями, такими как омега-3 жирные кислоты, каротиноиды, полифенолы и лигнаны [4].

Особое значение имеет содержание незаменимых жирных кислот, которые организм не синтезирует самостоятельно и вынужден получать из внешних источников [5].

Функциональные соединения, содержащиеся в льняных семенах, в частности жирные кислоты, демонстрируют широкий спектр биологической активности, обладающей потенциалом для профилактики различных заболеваний. Исследования указывают на их способность снижать риск развития онкологических заболеваний, диабета, сердечно-сосудистых патологий, артрита, остеопороза, а также других хронических заболеваний, таких как язвенная болезнь, системная красная волчанка, нарушения пищевого поведения и др [6].

Таким образом, льняные семена являются ценным компонентом рациона, способствующим укреплению здоровья и профилактике различных заболеваний [7].

Пшеничная мука, представляя собой основную составляющую хлебопечения, отличается низким содержанием жиров и жирных кислот, преобладают в ее составе белки и углеводы. При этом именно жиры и жирные кислоты, особенно ненасыщенные, жизненно необходимы для организма, обеспечивая его энергией и структурными элементами. Дефицит этих элементов в пшеничной муке снижает ее пищевую ценность, поэтому актуально вводить в рецептуру нетрадиционные виды муки, содержащие большее количество жиров и жирных кислот [8].

Целью работы является оценка перспектив использования нетрадиционных видов муки, богатых жирными кислотами, в рецептуре хлебобулочных изделий, исследование показателей качества и безопасности готовых изделий.

Объектами исследования являлись льняная и овсяная мука, приобретенные в розничной торговой сети, хлеб на закваске с добавлением овсяной и льняной муки, пшеничный дрожжевой хлеб, изготовленный традиционным способом.

Исследование массовой доли жира проводили по методике Н.Л. Востриковой и др. [9]. Состав жирных кислот определяли по методике Sidrah и др. [10].

За основу изготовления хлеба на закваске с добавлением нетрадиционного вида сырья взята рецептура, представленная в работе Н.Н. Корнышовой [11].

Органолептические показатели готового изделия определяли в соответствии с ГОСТ 5667-2022 «Изделия хлебобулочные. Правила приёмки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий» [12].

Оценка физико-химических показателей хлеба на закваске проводилась согласно ГОСТ 5669-96 «Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости», ГОСТ 5670-96 «Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности», ГОСТ 21094-75 «Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности» [13–15].

В рецептуре хлеба пшеничная мука является основным ингредиентом. Однако недостаточное содержание жиров и жирных кислот в пшеничной муке снижает ее пищевую ценность. Поэтому перспективно вводить в рецептуру муку, обладающую широким жирнокислотным составом. На рисунке 1 представлены результаты исследования содержания жира в нетрадиционных видах сырья относительно пшеничной муки со стандартной погрешностью.

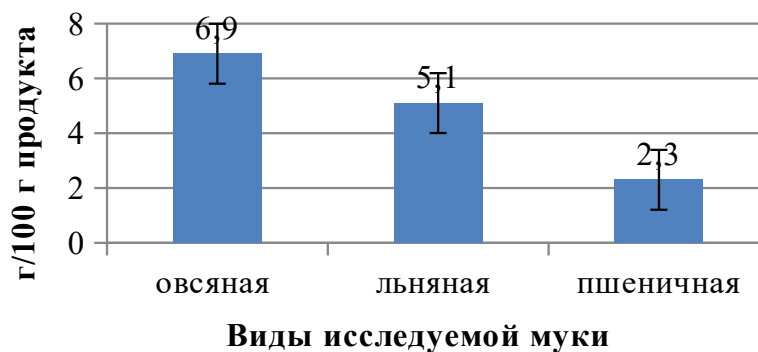


Рис. 1. Результаты содержания жира в различных видах муки

Fig. 1. Results of fat content in different types of flour

Согласно результатам, представленным на рисунке 1, сделали вывод, что содержание жира в овсяной муке в 3 раза выше, чем в пшеничной, в льняной – более чем в 2 раза. Результаты анализа подчеркивают значительное преимущество овсяной и льняной муки в содержании жира по сравнению с пшеничной. Это открывает широкие возможности для включения их в рацион, особенно для тех, кто стремится к здоровому образу жизни. На рисунке 2 и в таблице 1 представлены показатели жирных кислот, содержащихся в льняной муке. Жирнокислотный состав льняной муки исследовали методом газовой хроматографии, что позволило определить процентную долю каждой из кислот в образце.

В результате анализа жирнокислотного состава льняной муки было выявлено 15 жирных кислот, среди которых преобладают 8-октадеценовая, 11,14-октадекадиеновая, 9,12,15-октадекатриеновая и гексадекановая (пальмитиновая) кислоты. Жирные кислоты в основном являются незаменимыми карбоновыми одноосновными кислотами. Преимущества таких кислот в том, что они являются компонентами большинства биологических мембран, проявляют высокую антиоксидантную активность, замедляют развитие атеросклероза, а также участвуют в обмене веществ.

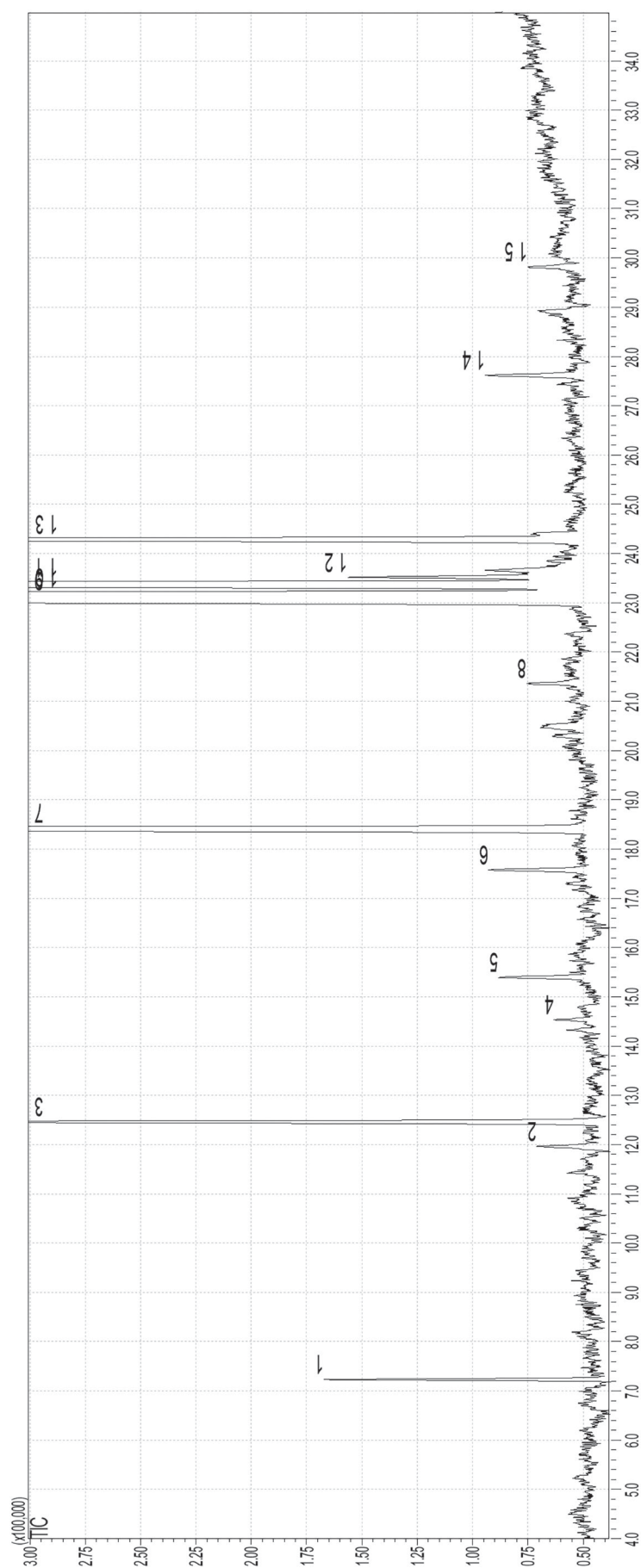


Рис. 2. Хроматограмма жирных кислот льняной муки

Fig. 2. Chromatogram of fatty acids of flaxseed flour

Таблица 1

**Жирнокислотный состав льняной муки**  
**Fatty acid composition of flaxseed flour**

| № пика | Время пика,<br>мин | Площадь пика,<br>% | Название                               |
|--------|--------------------|--------------------|----------------------------------------|
| 1      | 7,229              | 0,92               | Додекановая (лауриновая) кислота       |
| 2      | 11,962             | 0,15               | Метилмиристолеат                       |
| 3      | 12,462             | 3,43               | Тетрадекановая (миристиновая) кислота  |
| 4      | 14,536             | 0,08               | Тридекановая кислота                   |
| 5      | 15,391             | 0,36               | Пентадекановая кислота                 |
| 6      | 17,576             | 0,44               | Метилэфир гексадецен-9-овой кислоты    |
| 7      | 18,425             | 15,33              | Гексадекановая (пальмитиновая) кислота |
| 8      | 21,363             | 0,15               | Гептадекановая (маргариновая) кислота  |
| 9      | 23,130             | 24,38              | 11,14-октадекадиеновая кислота         |
| 10     | 23,199             | 20,08              | 9,12,15-октадекатриеновая кислота      |
| 11     | 23,406             | 25,96              | 8-октадеценовая кислота                |
| 12     | 23,517             | 1,02               | 9-октадеценовая кислота                |
| 13     | 24,289             | 6,97               | Октадекановая (стеариновая) кислота    |
| 14     | 27,616             | 0,45               | 9-октадецен-12-иноат метил             |
| 15     | 29,816             | 0,28               | Эйкозановая (арахиновая) кислота       |

На рисунке 3 и в таблице 2 представлены результаты исследования содержания жирных кислот в овсяной муке. Жирнокислотный состав овсяной муки исследовали методом газовой хроматографии, что позволило выявить процентную долю каждой из кислот в образце.

В овсяной муке было обнаружено 8 жирных кислот. Преобладающее количество отмечено для 17-октадеценовой и 9-октадеценовой (олеиновой) кислот.

Олеиновая кислота является ценным компонентом рациона, способствующим поддержанию сердечно-сосудистой системы, снижению риска развития хронических заболеваний, а также поддержанию общего состояния организма.



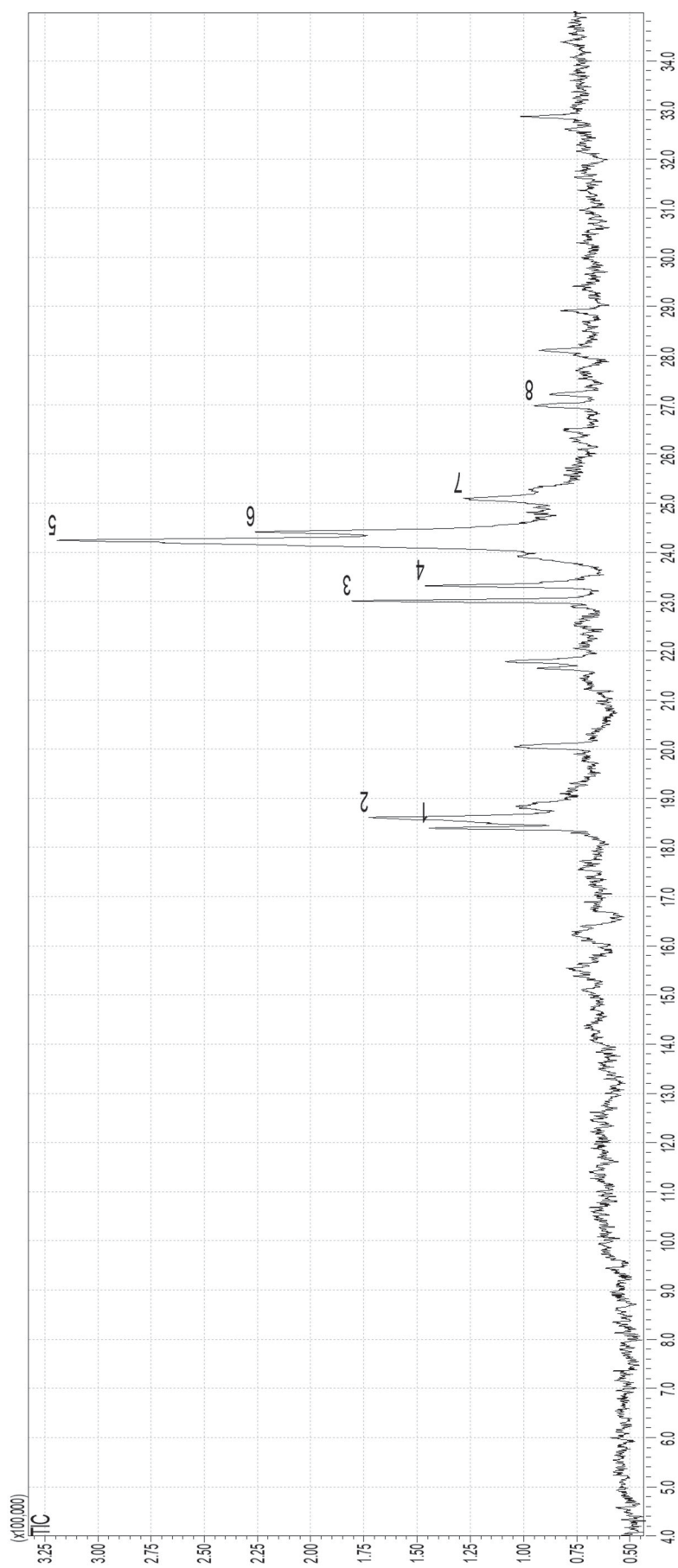


Рис. 3. Хромотограмма жирных кислот овсяной муки

Fig. 3. Chromatogram of fatty acids of oat flour

Таблица 2

**Жирнокислотный состав овсяной муки**  
**Fatty acid composition of oat flour**

| № пика | Время пика, мин | Площадь пика, % | Название                               |
|--------|-----------------|-----------------|----------------------------------------|
| 1      | 18,391          | 6,74            | Гексадекановая (пальмитиновая) кислота |
| 2      | 18,610          | 15,49           | Гексадекановая (пальмитиновая) кислота |
| 3      | 23,011          | 10,34           | 8,11-октадекадиеновая кислота          |
| 4      | 23,320          | 7,50            | 8-октадеценовая кислота                |
| 5      | 24,245          | 31,47           | 17-октадеценовая кислота               |
| 6      | 24,414          | 22,34           | 9-октадеценовая (олеиновая) кислота    |
| 7      | 25,100          | 3,04            | Гептадецен-8-карбоновая кислота        |
| 8      | 26,983          | 3,08            | 7,10-октадекадиеновая кислота          |

На рисунке 4 представлены результаты исследования содержания жиров в хлебе на закваске с добавлением нетрадиционных видов муки и в контрольном образце – пшеничном дрожжевом хлебе. Доля внесения нетрадиционной муки составляет 7 % от общей массы тестовой заготовки. Результаты представлены со стандартной погрешностью.

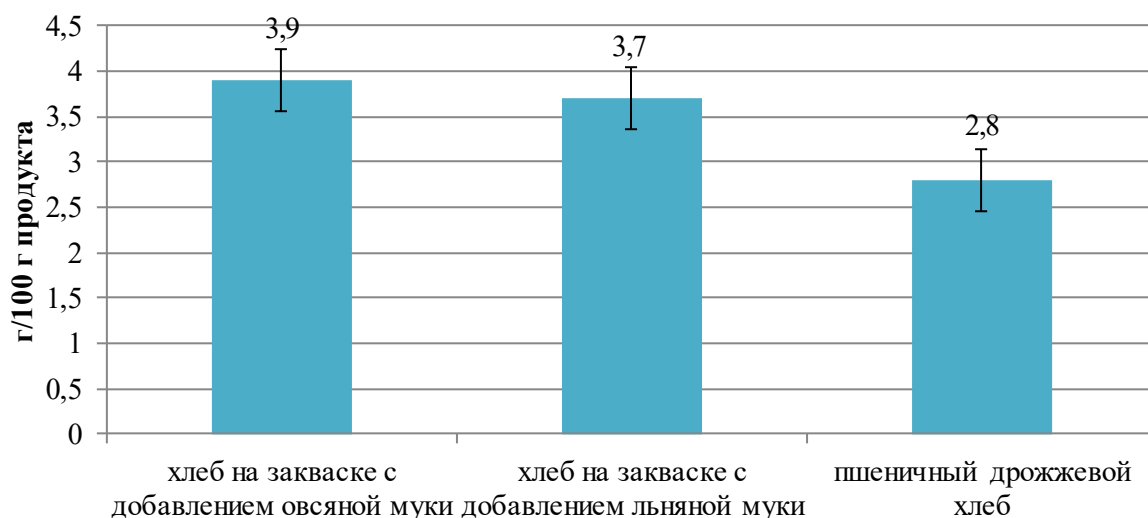


Рис. 4. Результаты исследования содержания жира в готовых изделиях

Fig. 4. Results of fat content in finished products

Согласно результатам, представленным на рисунке 4, сделали вывод о том, что количество жиров в хлебе на закваске с добавлением нетрадиционных видов сырья на 0,9–1,1 г/100 г больше, чем в пшеничном дрожжевом хлебе, изготовленном по традиционной технологии.

Далее оценили показатели безопасности и качества опытных образцов. В таблице 3 представлены результаты оценки органолептических показателей готовых изделий.

Таблица 3

Оценка органолептических показателей готовых изделий  
Evaluation of organoleptic indicators of the finished product

| Вид хлеба                                   | Органолептические показатели                        |                  |                                                         |                                                                                                             |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                             | вкус                                                | цвет             | запах                                                   | консистенция                                                                                                |
| Хлеб на закваске с добавлением овсяной муки | Вкус ржаного хлеба, отсутствует привкус дрожжей     | Коричневый       | Приятный, насыщенный, мягкий, отсутствует запах дрожжей | Равномерная пористость, мякиш не мажется, корочка хрустящая, при нажатии восстанавливает форму очень быстро |
| Хлеб на закваске с добавлением льняной муки |                                                     | Темно-коричневый |                                                         |                                                                                                             |
| Пшеничный дрожжевой хлеб                    | Вкус пшеничного хлеба, присутствует привкус дрожжей | Коричневый       | Запах дрожжевого пшеничного хлеба                       |                                                                                                             |

Хлеб на закваске с добавлением нетрадиционных видов сырья обладает привлекательными органолептическими характеристиками. Это открывает новые горизонты для производства хлебобулочных изделий, позволяя удовлетворить запросы потребителей, стремящихся к здоровому питанию и разнообразию вкусов.

На рисунке 5 представлены результаты исследования кислотности опытных образцов. Результаты представлены со стандартной погрешностью.

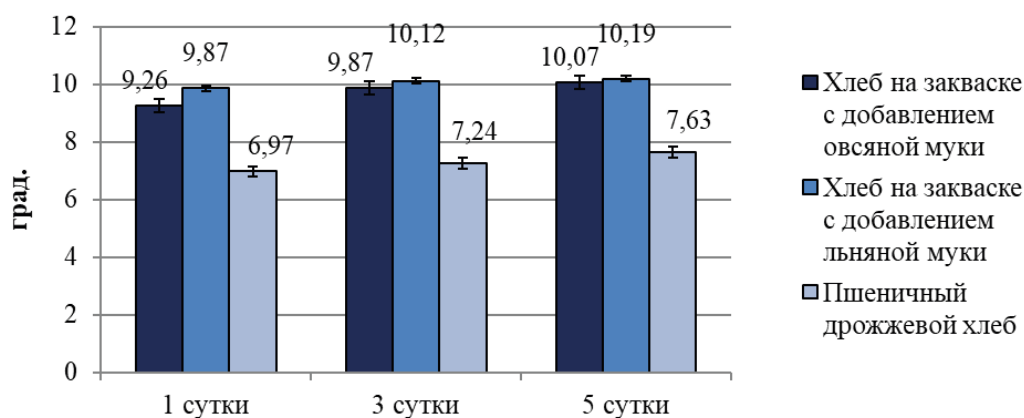


Рис. 5. Результаты исследования кислотности готовых изделий

Fig. 5. Results of the study of acidity of the finished product

На основании результатов, представленных на рисунке 5, сделали вывод, что хлеб на закваске с добавлением нетрадиционных видов сырья отвечает установленным стандартам качества (от 2,5 до 12,0 град.). Актуальные показатели кислотности находятся в пределах нормы, что подтверждает высокие вкусовые характеристики и безопасность продукта. Данный вид хлеба демонстрирует преимущества долгого процесса ферментации, благодаря чему достигается оптимальный уровень кислотности без негативного воздействия на текстуру.

На рисунке 6 представлены результаты исследования влажности опытных образцов. Результаты представлены со стандартной погрешностью.

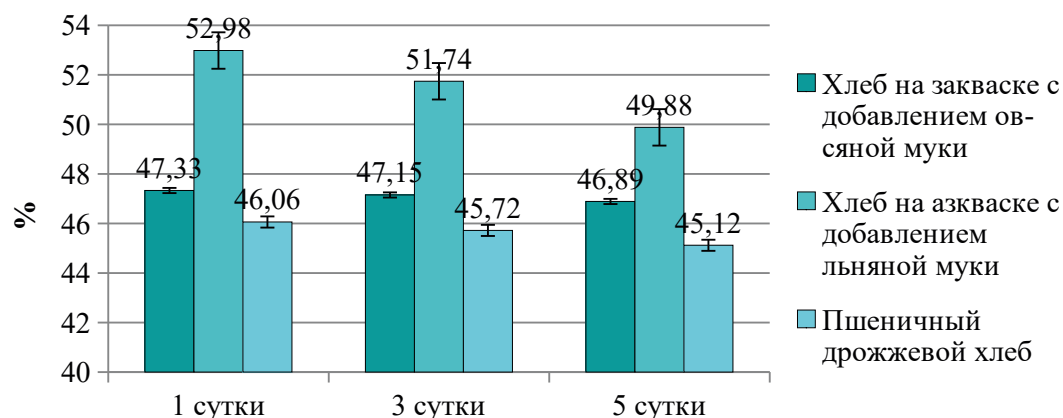


Рис. 6. Результаты исследования влажности готового продукта

Fig. 6. Results of the moisture content study of the finished product

Согласно результатам, представленным на рисунке 6, некоторые образцы имеют влажность, превышающую допустимую норму (51 %). Однако это не отражается негативным образом на качестве мякиша: хлеб сохраняет свою форму и не проявляет признаков липкости. Таким образом, влажность не является критическим фактором, негативно влияющим на потребительские характеристики.

На рисунке 7 представлены результаты исследования пористости опытных образцов. Результаты представлены со стандартной погрешностью.

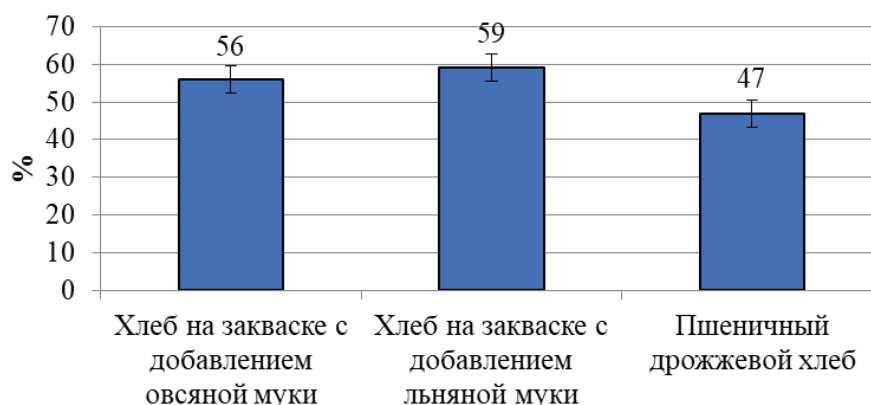


Рис. 7. Результаты исследования пористости готового продукта

Fig. 7. Results of the study of the porosity of the finished product

По результатам, представленным на рисунке 7, видно, что показатели пористости всех образцов также соответствуют нормативам ГОСТ (от 45 до 60 %). Все эти факторы в совокупности демонстрируют потенциал хлеба на закваске с нетрадиционными видами муки как здорового продукта с высокими питательными свойствами, способного удовлетворить вкусовые запросы потребителей.

Таким образом, в результате проведенного исследования были сделаны следующие заключения.

1. Овсяная и льняная мука, богатые жирами, представляют собой ценную альтернативу пшеничной муке. Введение их в рецептуру хлеба на закваске увеличивает содержание жиров, повышая пищевую ценность готового изделия, благодаря чему продукт соответствует современным диетическим рекомендациям.

2. Льняная мука, богатая незаменимыми жирными кислотами, благоприятно влияет на здоровье, защищая от атеросклероза и других метаболических заболеваний. Овсяная мука, бла-



годаря высокому содержанию олеиновой кислоты, укрепляет сердечно-сосудистую систему и снижает риск развития хронических заболеваний.

3. Хлеб на закваске с использованием овсяной и льняной муки отвечает стандартам качества, обладает привлекательными вкусовыми свойствами и способен стать конкурентоспособным на современном рынке хлебной продукции. Ферментация и сбалансированный уровень кислотности делают его более полезным, а качество мякиша остается высоким, несмотря на небольшое превышение уровня влажности.

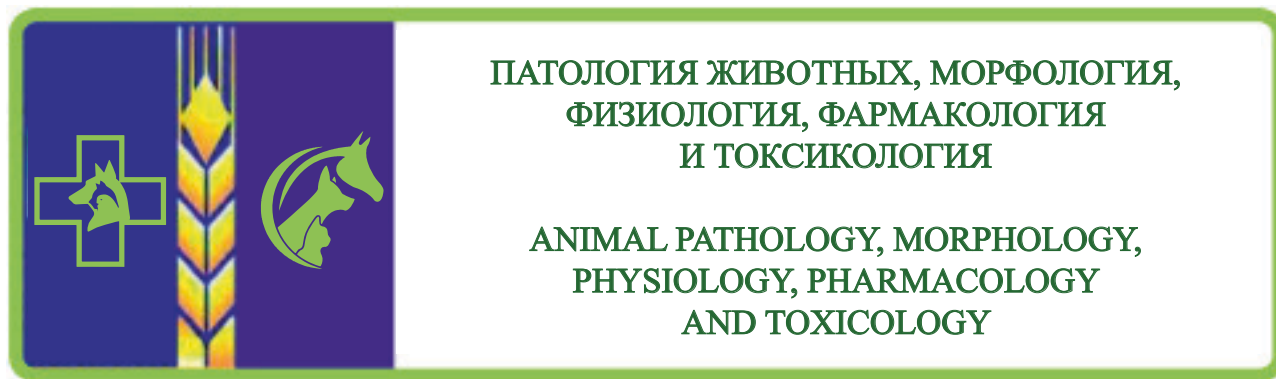
Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Разработка биологически активных добавок, состоящих из метаболитов растительных объектов *in vitro*, для защиты населения от преждевременного старения» (проект FZSR-2024-0008).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Mustafa M.A., Abdel-Gawad, A.S., Nassar A.G.* Fatty acids, phenolic compounds of oat and influence of wheat biscuits substitution with red oat (*Avena byzantina*) flour on serum lipid profile in hypercholesterolemic male rats // *Nutrire.* – 2023. – Vol. 51. – P. 51.
2. *Perinatal* dietary polyunsaturated fatty acids in brain development, role in neurodevelopmental disorders / M. Martinat, M. Rossitto, M.D. Miceli [et al.] // *Nutrients.* – 2021. – Vol. 13 (4). – P. 1185.
3. *Assessing the oat oil attributes and partial substitution in cookies with special reference to fatty acid profile* / Sidrah, S. Ahmad, U.M. Khan [et al.] // *Journal of Food Measurement and Characterization.* – 2024. – Vol. 18. – P. 5710–5719.
4. *Nutritional composition, lipid profile and stability, antioxidant activities and sensory evaluation of pasta enriched by linseed flour and linseed oil* / Z. Amri, A.M. Bhourri, M. Dhibi [et al.] // *BMC Biotechnology.* – 2024. – Vol. 24. – P. 31.
5. *Fortification of yogurt with flaxseed powder and evaluation of its fatty acid profile, physicochemical, antioxidant, and sensory properties* / M.A. Marand, S. Amjadi, M.A. Marand [et al.] // *Powder Technology.* – 2020. – Vol. 359. – P. 76–84.
6. *Prasad K.* Flaxseed and Its Components in Treatment of Hyperlipidemia and Cardiovascular Disease / K. Prasad, A.S. Khan, M. Shoker // *International Journal of angiology.* – 2020. – Vol. 29 (4). – P. 216–222.
7. *Ghoshal G., Singh S., Sharma R.* Utilization and characterization of flaxseed oil in ultrasonically emulsified mango beverage // *Journal of Food Science and Technology.* – 2022. – Vol. 59. – P. 3867–3880.
8. *Siddiqui S.A., Mahmud M.M.C., Abdi G.* New alternatives from sustainable sources to wheat in bakery foods: Science, technology, and challenges // *J. Food Biochem.* – 2022. – Vol. 46 (9). – e14185.
9. *Вострикова Н.Л., Кузнецова О.А., Куликовский А.В.* Методические аспекты извлечения липидов из биологических матриц // *Теория и практика переработки мяса.* – 2018. – № 2. – С. 4–21.
10. *Kamil K.M., Rohana A.J., Mohamed W., Ishak W.* Effect of incorporating dietary fiber sources in bakery products on glycemic index and starch digestibility response: a review // *Nutrire.* – 2023. – Vol. 48. – P. 36.
11. *Корнышова Н.Н., Корнышов А.В.* Дикie пекари. – М.: Комсомольская правда, 2020. – 158 с.
12. *ГОСТ 5669-96.* Изделия хлебобулочные. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий: введ. 01 июля 2023 г. – М.: Изд-во стандартов, 2022. – 11 с.
13. *ГОСТ 5669-96.* Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости: введ. 31 июля 1997 г. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 2 с.
14. *ГОСТ 5670-96.* Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности: введ. 31 июля 1997 г. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 5 с.
15. *ГОСТ 21094-75.* Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности: введ. 30 июня 1976 г. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 3 с.

## REFERENCES

1. Mustafa M.A., Abdel-Gawad, A.S., Nassar A.G., Fatty acids, phenolic compounds of oat and influence of wheat biscuits substitution with red oat (*Avena byzantina*) flour on serum lipid profile in hypercholesterolemic male rats, *NutrIRE*, 2023, Vol. 51, P. 51.
2. Martinat M., Rossitto M., Miceli M.D. [et al.], Perinatal dietary polyunsaturated fatty acids in brain development, role in neurodevelopmental disorders, *Nutrients*, 2021, Vol. 13 (4), P. 1185.
3. Sidrah, Ahmad S., Khan U.M. [et al.], Assessing the oat oil attributes and partial substitution in cookies with special reference to fatty acid profile, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2024, Vol. 18, P. 5710–5719.
4. Amri Z., Bhourri A.M., Dhibi M. [et al.], Nutritional composition, lipid profile and stability, antioxidant activities and sensory evaluation of pasta enriched by linseed flour and linseed oil, *BMC Biotechnology*, 2024, Vol. 24, P. 31.
5. Marand M.A., Amjadi S., Marand M.A. [et al.], Fortification of yogurt with flaxseed powder and evaluation of its fatty acid profile, physicochemical, antioxidant, and sensory properties, *Powder Technology*, 2020, Vol. 359, P. 76–84.
6. Prasad K., Khan A.S., Shoker M., Flaxseed and Its Components in Treatment of Hyperlipidemia and Cardiovascular Disease, *International Journal of angiology*, 2020, Vol. 29 (4), P. 216–222.
7. Ghoshal G., Singh S., Sharma R., Utilization and characterization of flaxseed oil in ultrasonically emulsified mango beverage, *Journal of Food Science and Technology*, 2022, Vol. 59, P. 3867–3880.
8. Siddiqui S.A., Mahmud M.M.C., Abdi G., New alternatives from sustainable sources to wheat in bakery foods: Science, technology, and challenges, *J. Food Biochem*, 2022, Vol. 46 (9), e14185.
9. Vostrikova N.L., Kuznecova O.A., Kulikovskij A.V., *Teoriya i praktika pererabotki myasa*, 2018, No. 2, pp. 4–21. (In Russ.)
10. Kamil K.M., Rohana A.J., Mohamed W., Ishak W., Effect of incorporating dietary fiber sources in bakery products on glycemic index and starch digestibility response: a review, *NutrIRE*, 2023, Vol. 48, P. 36.
11. Kornysheva N.N., Kornyshev A.V. *Dikie pekari* (The wild bakers), Moscow: Komsomol'skaya pravda, 2020, 158 p.
12. GOST 5669-96. *Izdeliya xlebobulochny'e. Pravila priemki, metody` otbora obrazczov, metody` opredeleniya organolepticheskix pokazatelej i massy` izdelij* (Bakery products. Acceptance rules, methods of sampling, methods of determination of organoleptic indicators and weight of products), introduced on July 01, 2023, Moscow: Izd-vo standartov, 2022, 11 p.
13. GOST 5669-96. *Xlebobulochny'e izdeliya. Metod opredeleniya poristosti* (Bakery products. Method for determination of porosity), introduced on July 31, 1997, Moscow: Izd-vo standartov, 2006, 2 p.
14. GOST 5670-96. *Xlebobulochny'e izdeliya. Metody` opredeleniya kislotnosti* (Bakery products. Methods of determination of acidity), introduced on July 31, 1997, Moscow: Izd-vo standartov, 1997, 5 p.
15. GOST 21094-75. *Xleb i xlebobulochny'e izdeliya. Metod opredeleniya vlazhnosti* (Bread and bakery products. Method for determining moisture content), introduced on June 30, 1976, Moscow, Izd-vo standartov, 2006, 3 p.



УДК 619:615.33(043.3)

DOI:10.31677/2311-0651-2024-46-4-28-34

## ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИКА, ФИТОБИОТИКА И ИХ КОМПЛЕКСА НА МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ СЫВОРОТКИ КРОВИ ТЕЛЯТ

Е.Г. Бугуев, лаборант-исследователь

Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий

E-mail: yabykovz@mail.ru

**Ключевые слова:** телята, сыворотка крови, пробиотик, фитобиотик, показатели, минеральный состав, морфологический состав.

*Реферат.* Определение морфологического и минерального состава крови телят на основе анализа сыворотки является одним из современных диагностических показателей физиологического состояния организма. На основе экспериментальных данных выполнен анализ изменения морфологического и минерального состава крови шестимесячных телят симментальской породы при включении в кормовой рацион фитобиотика, пробиотика «СБТ-Лакто» и их комплекса. В рамках выполненного исследования изучалось изменение морфологических показателей (содержания гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов) и минеральных показателей (содержания магния, железа, меди, цинка). В ходе исследования выявлено, что наибольшее влияние на морфологический состав крови телят оказало включение в кормовой рацион комплекса фитодобавки в виде экстракта чабреца и пробиотика «СБТ-Лакто». Так, комплекс пробиотика и фитобиотика способствовал повышению в крови телят опытной группы содержания гемоглобина на 8,4 %, эритроцитов на – 17,9 и лейкоцитов – на 13,6 % по отношению к показателям контрольной группы с традиционным кормовым рационом. Результаты исследования показали, что при включении в кормовой рацион фитобиотика повышается уровень содержания железа в крови:  $43,72 \pm 0,41$  мг/%, что на 5,7 % выше по сравнению с показателем телят контрольной группы. Добавление пробиотика в кормовой рацион телят способствовало увеличению содержания магния, меди, марганца и цинка по отношению к минеральным показателям других опытных групп и группе контроля. В свою очередь, включение в кормовой рацион комплекса пробиотика и фитобиотика способствует повышению таких показателей, как гемоглобин, содержание эритроцитов и лейкоцитов по сравнению с контролем на 9,2 г/%,  $21,8 \times 10^{12}/л$  и  $15,8 \times 10^9/л$ , соответственно.

## IMPLICATION PROBIOTIC, PHYTOBIOTIC AND THEIR COMPLEX ON THE MINERAL COMPOSITION OF BLOOD SERUM CALVES

E.G. Buguev, Research Assistant

Federal Altai Scientific Center of Agro-Biotechnologies

**Keywords:** calves, blood serum, probiotic, phytobiotic, indicators, mineral composition, morphological composition.

**Abstract.** *Determination of morphological and mineral composition of blood of calves on the basis of serum analysis is one of the modern diagnostic indicators of physiological state of the organism. On the basis of experimental data the changes in morphological and mineral composition of blood of six-month-old calves of Simmental breed were analyzed when phytobiotic, probiotic “SBT-Lacto” and their complex were included in the feed ration. Within the framework of the performed research the change of morphological indicators (hemoglobin, erythrocytes, leukocytes content) and mineral indicators (magnesium, iron, copper, zinc content) was studied. In the course of the study it was revealed that the greatest influence on the morphological composition of blood of calves had the inclusion in the feed ration of a complex of phyto-additives in the form of thyme extract and probiotic “SBT-Lacto”. Thus, the complex of probiotic and phytobiotic increased hemoglobin content by 8.4%, erythrocytes by 17.9% and leukocytes by 13.6% in relation to the control group with traditional feed ration. The results of the study showed that the inclusion of phytobiotic in the feed ration increased the level of iron in the blood:  $43.72 \pm 0.41$  mg/%, which is 5.7% higher compared to the index of calves of the control group. The addition of probiotic to the feed ration of calves increased the content of magnesium, copper, manganese and zinc in relation to mineral indices of other experimental groups and control group. In turn, the inclusion of probiotic and phytobiotic complex in the feed ration increased such indicators as hemoglobin, erythrocyte and leukocyte content by 9.2 g/%,  $21.8 \times 10^{12}/l$  and  $15.8 \times 10^9/l$ , respectively, compared to the control.*

Повышению продуктивности сельскохозяйственных животных, в том числе телят, способствует не только внедрение современных научных достижений, но и сочетание генетического потенциала животных, условий содержания и полноценного рациона, который определяется сбалансированным составом белков, жиров и углеводов, а также достаточным количеством макроэлементов и микроэлементов в определенных пропорциях [1, 2].

Несоблюдение основных требований по содержанию и кормлению крупного рогатого скота приводит к повышению заболеваемости внутренними незаразными болезнями. Наиболее распространены изменения в паренхиматозных органах, в эндокринной и иммунной системах, которые отмечаются как у отдельных коров в стаде, так и у приплода. При рождении телят от больных коров часто регистрируются желудочно-кишечные заболевания, которые сопровождаются обезвоживанием и интоксикацией [3]. Изменение метаболического и клинического состояния телят с желудочно-кишечными расстройствами приводит к различным отклонениям в качественном составе крови, которая выполняет в организме интегрирующие и коммуникативные функции [4]. Состав крови взаимосвязан не только с интенсивностью процессов в организме, но и с развитием различных патологий, приводящих к формированию генерализованных заболеваний таких органов, как печень, легкие, сердце и др. [5].

Согласно современным представлениям исследователей установлено, что добавление в кормовой рацион телят пробиотических препаратов микробиологического и растительного происхождения благоприятно влияет на изменение биохимического состава крови [6–8, 9].

На сегодняшний день на отечественном рынке представлен широкий ассортимент пробиотических препаратов микробиологического и растительного происхождения. Основное достоинство действия пробиотиков заключается в улучшении работы желудочно-кишечного тракта, особенно при наличии ослабляющих или вредных факторов, например, после использования антибиотиков. Пробиотики способствуют восстановлению и росту полезной микрофлоры, а также подавляют размножение и распространение патогенов в кишечнике [9].

Под фитобиотиками понимают натуральные растительные экстракты, которые по составу не токсичны и способствуют повышению иммунного статуса организма. Так как фитобиотики являются растительными препаратами, то они характеризуются более высокой степенью усвояемости, а также отсутствием побочного действия [10].

С учетом вышесказанного, изучение влияния пробиотиков и фитобиотиков различного происхождения на морфобиохимические показатели крови телят является актуальным и представляет научный интерес.



В качестве пробиотиков были выбраны два препарата: один микробиологического происхождения, а второй – растительной природы. Пробиотик «СБТ-Лакто» является комплексной добавкой, которая направлена на обогащение и сбалансирование рациона животных путём стимулирования развития или восстановления положительной микрофлоры желудочно-кишечного тракта, в том числе во время и после применения антибиотиков, а также на повышение переваримости питательных веществ корма. Пробиотик «СБТ-Лакто» включают в рацион при различных стрессовых ситуациях и с целью увеличения сохранности молодняка и ремонтного поголовья. Кормовая добавка «СБТ-Лакто» состоит из лиофилизированных штаммов молочнокислых бактерий, клетчатки растительного происхождения и молочной сыворотки. Данный препарат является разработкой коллектива производственной компании ООО «Сибирские Биотехнологии» [11].

Экстракт чабреца положительно влияет на физиологическое состояние растущего организма, нормализует и усиливает минеральный, углеводный и липидный обмен, а также ускоряет энергетические процессы, оптимизирует деятельность желудочно-кишечного тракта, способствует повышению аппетита, роста и продуктивности животных. В животноводстве экстракт чабреца включают в кормовой рацион для активации антибактериального, противовирусного, иммуностимулирующего защитного комплекса организма [12].

Некоторые исследователи используют в своих экспериментах комбинированные кормовые добавки на основе совместного использования пробиотических и растительных препаратов, которые отличаются высокой биологической активностью и способствуют повышению молочной и мясной продуктивности при снижении расходов кормов на единицу продукции [13–15].

Научно-хозяйственный эксперимент проводили в ФГБУ «ОС «Алтайское экспериментальное сельское хозяйство», расположенное в республике Алтай, Шебалинский район, с. Черга. Объектами исследования являлись телята симментальской породы, рожденные в марте, которые были разделены на 4 группы по 5 особей в каждой:

- контрольная группа – традиционный кормовой рацион;
- 1-я опытная группа – в кормовой рацион включен фитобиотик;
- 2-я опытная группа – в кормовой рацион включен пробиотик «СБТ-Лакто»;
- 3-я опытная группа – в кормовой рацион включен комплекс пробиотика и фитобиотика.

Кормовые добавки телятам давали один раз в сутки в утреннее кормление. Эксперимент проводили с марта (начало отела) до сентября (шестимесячного возраста телят), причем пробиотический препарат начали скармливать с первого дня рождения, а чабрец только через три недели от рождения.

Кровь для биохимических исследований отбирали по окончании опыта, из хвостовой вены в утренние часы до кормления. Биохимические исследования проб сыворотки крови проводили в лаборатории ветеринарии отдела «АНИИЖиВ» ФГБНУ ФАНЦА на полуавтоматическом биохимическом анализаторе Chem-7 с диапазоном измерения оптической плотности раствора 340... 670 нм. Морфологические исследования крови проводили по общепринятым методикам в КГБУ «Ветеринарная лаборатория» г. Барнаула. Обработку полученных биометрических результатов выполняли при помощи программы Microsoft Excel с использованием методов вариационной статистики. В ходе обработки данных выполнялся расчет среднеарифметического значения, стандартной ошибки среднего значения, степень вероятности нулевой гипотезы по сравнению с контролем – при помощи расчета критерия Стьюдента-Фишера, при  $P < 0,01$ .

Полученные экспериментальные данные исследования морфологического состава крови телят симментальской породы контрольной и опытных групп свидетельствуют, что изучаемые показатели находились в рамках физиологических норм, за исключением среднего значения гемоглобина в контрольной группе. В таблице 1 представлены результаты изучения морфологических показателей крови подопытных животных.

Таблица 1

**Морфологический состав крови телят симментальской породы**  
**Morphological composition of blood of Simmental calves**

| Показатель,<br>ед. изм.         | Норма       | Группы       |              |              |                           |
|---------------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------|
|                                 |             | Контрольная  | 1-я опытная  | 2-я опытная  | 3-я опытная               |
|                                 |             |              | фитобиотик   | пробиотик    | фитобиотик +<br>пробиотик |
| Гемоглобин, г/л                 | 11,20–12,80 | 11,08 ± 0,84 | 11,78 ± 0,24 | 11,80 ± 1,22 | 12,10 ± 0,62**            |
| Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л | 5,00–7,50   | 8,44 ± 0,96  | 8,86 ± 0,64  | 10,04 ± 0,57 | 10,28 ± 0,23**            |
| Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л   | 4,50–12,00  | 6,84 ± 1,22* | 7,88 ± 0,34  | 7,48 ± 0,61  | 7,92 ± 0,52               |

Здесь и далее: \*P < 0,05, \*\*P < 0,01, \*\*\*P < 0,001

Из анализа данных, представленных в таблице 1 следует, что содержание гемоглобина в крови у телят, участвующих в эксперименте, находилось в диапазоне (11,08 ± 0,84) – (12,10 ± 0,62) г/л. Наименьшее количество гемоглобина отмечено у животных контрольной группы, а наибольшее содержание отмечено в 3-й опытной группе, что на 9,2 % больше, чем в контрольной группе (P < 0,01).

Содержание гемоглобина в крови у всех телят в опытной группе соответствует физиологическим нормам и характеризуется диапазоном 11,3–12,4 г/%, в остальных группах отмечены отдельные особи, у которых содержание гемоглобина не достигает значения нижней границы физиологической нормы. Так, в контрольной группе и 2-й опытной группе дефицит гемоглобина выявлен у двух телят в каждой из них, а в 3-й опытной группе дефицит гемоглобина выявлен у одного теленка.

Основная функция эритроцитов в крови заключается в обеспечении кислородом внутренних органов и организации транспорта диоксида углерода. Максимальное количество эритроцитов в крови телят формируется при добавлении в кормовой рацион комплекса фитобиотика и пробиотика и составляет 10,28 ± 0,23 × 10<sup>12</sup>/л. При этом в контрольной группе у телят содержание эритроцитов минимально и составляет 8,44 ± 0,96 × 10<sup>12</sup>/л, что на 17,9 % ниже по сравнению с третьей опытной группой (P < 0,01).

Содержание эритроцитов в крови телят опытных групп превышает нижний порог физиологической нормы, а у отдельных особей превосходит верхнюю границу установленного диапазона. Так, в контрольной группе только у двух телят содержание эритроцитов входит в физиологический диапазон, а в 1-й опытной группе у одного теленка определено содержание эритроцитов которое соответствует физиологической норме, что составляет 6,0 × 10<sup>12</sup>/л и 7,0 × 10<sup>12</sup>/л соответственно. У телят 2-й и 3-й опытных групп содержание эритроцитов значительно превышает физиологическую норму и характеризуется значениями на уровне 8,7 × 10<sup>12</sup>/л и 9,8 × 10<sup>12</sup>/л, соответственно.

Количество лейкоцитов у телят находилось в диапазоне (6,84 ± 1,22) × 10<sup>9</sup>/л – (7,92 ± 0,52) × 10<sup>9</sup>/л. Для содержания лейкоцитов характерна картина аналогичная эритроцитам, а именно: минимальное их количество отмечено у телят контрольной группы на уровне 6,84 ± 1,22 × 10<sup>9</sup>/л, что на 15,8 % меньше по сравнению с третьей опытной группой.

Количество лейкоцитов в крови телят по отношению к физиологическим нормам характеризуется оптимальными значениями и только у одной особи в контрольной группе выявлено их низкое содержание на уровне 3,2 × 10<sup>9</sup>/л.

Сыворотка крови представляет собой плазму, которая освобождена от белка фибриногена, задействованного при свертывании крови. На основе анализа сыворотки, возможно, определить функциональные и патологические изменения тканей и внутренних органов, которые сопровождаются изменениями в минеральном составе. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Минеральный состав сыворотки крови телят симментальской породы**  
**Mineral composition of blood serum of Simmental calves**

| Показатель, ед. изм | Норма        | Группы       |                |               |                        |
|---------------------|--------------|--------------|----------------|---------------|------------------------|
|                     |              | контрольная  | 1-я опытная    | 2-я опытная   | 3-я опытная            |
|                     |              |              | фитобиотик     | пробиотик     | фитобиотик + пробиотик |
| Магний, мг/%        | 2,50–4,00    | 2,52 ± 0,08  | 2,54 ± 0,06    | 2,56 ± 0,06   | 2,50 ± 0,04            |
| Железо, мг/%        | 35,00–45,00  | 41,24 ± 1,93 | 43,72 ± 0,41*  | 42,88 ± 0,21* | 42,18 ± 1,10*          |
| Медь, мкг/%         | 80,00–110,00 | 83,78 ± 3,09 | 81,72 ± 1,67** | 80,82 ± 0,88  | 80,62 ± 1,16*          |
| Цинк, мкг/%         | 20,00–50,00  | 30,10 ± 1,22 | 33,28 ± 1,84   | 34,62 ± 1,33  | 30,88 ± 0,69           |

Из анализа данных, представленных в таблице 2, следует, что максимальное количество магния в сыворотке крови телят отмечено при добавлении в кормовой рацион пробиотика, его количество составило  $2,56 \pm 0,06$  мг/%, а минимальное количество зафиксировано у телят 3-й опытной группы, в кормовой рацион которых включали комплекс фитобиотика и пробиотика. Содержание магния в крови большинства телят по средним значениям находится в диапазоне физиологических норм, исключение составляют две особи контрольной группы и по одной особи в каждой опытной группе. Соответственно, в целом включение пробиотиков и фитобиотиков и их комплекса не оказывают влияние на содержания магния в крови телят.

Добавление фитобиотика в рацион телят способствовало увеличению содержания железа в крови телят:  $43,72 \pm 0,41$  мг/% ( $P < 0,05$ ). Содержание железа в крови по отношению к физиологическим нормам характеризуется оптимальными значениями, причем включение фитобиотика в кормовой рацион (1-я опытная группа) способствовало повышению содержания железа в крови и характеризовалось диапазоном 42,5–44,6 мг/%.

Максимальное содержание меди зафиксировано в крови телят контрольной группы и составило  $83,78 \pm 3,09$  мкг/%. При включении фитобиотика, пробиотика и их комплекса в рацион телят отмечено снижение содержания меди в крови телят на 2,5; 3,7 и 3,9 % соответственно ( $P < 0,05$ ,  $P < 0,01$ ). Оценка содержания меди в крови по сравнению с физиологическими нормами показала, что у большинства особей опытных групп её количество близко к нижней границе физиологического диапазона.

Максимальное количество цинка в крови телят выявлено во 2-й опытной группе, в кормовой рацион которой добавляли пробиотик, так, содержание цинка составило  $34,62 \pm 1,33$  мкг/%, а минимальное зафиксировано у телят контрольной группы.

Таким образом, можно сформулировать выводы проведённого исследования.

При включении в рацион телят пробиотика, фитобиотика и их сочетания отмечаются изменения морфологических показателей крови и минерального состава её сыворотки. Изучаемые пробиотик, фитобиотик и их комплекс оказали положительное влияние на содержание в крови гемоглобина, эритроцитов и лейкоцитов. Введение в кормовой рацион фитобиотика привело к повышению содержания в сыворотке крови магния, железа и цинка по сравнению с контрольной группой на 0,8, 6,0 и 10,6 % соответственно. На фоне добавления пробиотика в рацион телят отмечается повышение всех изучаемых показателей, за исключением меди. Применение комплекса фитобиотика и пробиотика привело к увеличению в сыворотке крови железа и цинка на 2,3 и 2,6 % соответственно.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Меднова В.В., Ляшук А.Р., Буяров В.С. Использование фитобиотиков в животноводстве (обзор) // Биология в сельском хозяйстве. – 2021. – № 1 (30). – С. 11–16.
2. Volostnova A., Yakimov A., Yakimov O. Increase in meat productivity of young cattle and horses when using environmentally friendly feed additives // BIO Web of Conferences. – 2020. – № 1. – P. 00215.
3. Метаболические изменения в организме телят при диарейном процессе / В.В. Малашко, В.Т. Бозер, А.М. Казыро [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2016. – № 19 (2). – С. 30–38.
4. Морфологический состав крови новорожденных телят с низким адаптивным потенциалом / Р.В. Роменский, Н.В. Роменская, Е.Ю. Колесниченко [и др.] // Вестник МГОУ. Серия: Естественные науки. – 2014. – № 1. – С. 81–85.
5. Николаев С.В. Особенности изменений биохимического состава крови у телят в раннем постнатальном онтогенезе // Международный вестник ветеринарии. – 2020. – № (4). – С. 165–169.
6. Ulger I. Effects of pre-weaning probiotic treatments on growth performance and biochemical blood parameters of Holstein calves // Indian Journal of Animal Research. – 2018. – № 3. – С. 816.
7. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственных животных / О.А. Багно, О.Н. Прохоров, С.А. Шевченко и др. // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т. 53, № 4. – С. 687–697.
8. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах: монография / Р.В. Некрасов, А.В. Головин, Е.А. Махаев [и др.] – Москва, 2018. – 290 с.
9. Шевченко А.И., Шевченко С.А. Изучение влияния пробиотика Ветом 1.1 на морфологические показатели крови цыплят-бройлеров // Вестник НГАУ. – 2015. – № 4. – С. 147–153.
10. Подобед Л.И. Фитобиотики в кормлении животных // Животноводство России. – Тематический выпуск. – 2019. – С. 34–35.
11. Эффективность использования кормовой добавки «СБТ-Лакто» в рационе сельскохозяйственной птицы / А.Г. Коцаев, А.Х. Шантыз, В.Б. Одеянко [и др.] // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. – 2020. – № 3. – С. 138–143.
12. Фитобиотическая кормовая добавка в рационе новотельных коров / Шевченко С.А., Заборских Е.Ю., Шевченко А.И. [и др.] // Вестник АГАУ. – 2021. – № 1 (195). – С. 56–61.
13. Меднова В.В., Ляшук А.Р., Буяров В.С. Использование фитобиотиков в животноводстве (обзор) // Биология в сельском хозяйстве. – 2021. – № 1 (30). – С. 11–16.
14. Филиппова О.Б. Фролов А.И. Фитодобавки в рационах телят – альтернатива антибиотикам // Эффективное животноводство. – 2019. – № 1 (149). – С. 57–59.
15. Грачев С.Ю., Зубова Т.В. Влияние экстракта чабреца на интенсивность роста телят черно-пестрой породы // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 10. – С. 116–122.

## REFERENCES

1. Mednova V.V., Ljashuk A.R., Bujarov V.S., *Biologija v sel'skom hozjajstve*, 2021, No. 1 (30), pp. 11–16. (In Russ.)
2. Volostnova A., Yakimov A., Yakimov O. Increase in meat productivity of young cattle and horses when using environmentally friendly feed additives, *BIO Web of Conferences*, 2020, N 1, P. 00215.
3. Malashko V.V., Bozer V.T., Kazyro A.M. i dr., *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitija zhivotnovodstva*, 2016, No. 19 (2), pp. 30–38. (In Russ.)
4. Romenskij R.V., Romenskaja N.V., Kolesnichenko E.Ju. i dr., *Vestnik MGOU*, Serija: Estestvennyye nauki, 2014, No. 1, pp. 81–85. (In Russ.)
5. Nikolaev S.V. *Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii*, 2020, No. (4), pp.165–169. (In Russ.)
6. Ulger I. Effects of pre-weaning probiotic treatments on growth performance and biochemical blood parameters of Holstein calves, *Indian Journal of Animal Research*, 2018, No. 3, P. 816.
7. Bagno O.A., Prohorov O.N., Shevchenko S.A. i dr., *Sel'skhozjajstvennaja biologija*, 2018, Vol. 53, No. 4, pp. 687–697. (In Russ.)
8. R.V. Nekrasov, A.V. Golovin, E.A. Mahaev i dr. Normy potrebnostej molochного skota i svinej v pitatel'nyh veshhestvah (Nutrient requirements of dairy cattle and pigs), *Monografija*, Moscow, 2018, 290 p.



9. Shevchenko A.I., Shevchenko S.A., *Vestnik NGAU*, 2015, No. 4, pp. 147–153. (In Russ.)
10. Podobed L.I. *Zhivotnovodstvo Rossii. Tematicheskij vypusk*, 2019, pp. 34–35. (In Russ.)
11. Koshhaev A.G., Shantyz A.H., Odejanko V.B. i dr., *Uchenye zapiski KGAVM im. N.Je. Baumana*, 2020, No. 3, pp. 138–143. (In Russ.)
12. Shevchenko S.A., Zaborskih E.Ju., Shevchenko A.I. i dr., *Vestnik AGAU*, 2021, No. 1 (195), pp. 56–61. (In Russ.)
13. Mednova V.V., Ljashuk A.R., Bujarov V.S., *Biologija v sel'skom hozjajstve*, 2021, No. 1 (30), pp. 11–16. (In Russ.)
14. Filippova O.B. Frolov A.I., *Jeffektivnoe zhivotnovodstvo*, 2019, No. 1 (149), pp. 57–59. (In Russ.)
15. Grachev S.Ju., Zubova T.V., *Vestnik KrasGAU*, 2019, No. 10, pp. 116–122. (In Russ.)

## ВЛИЯНИЕ ХЕЛАТНОГО СОЕДИНЕНИЯ ЦИНКА НА ПОКАЗАТЕЛИ УБОЯ И МОРФОЛОГИЮ ПЕЧЕНИ ПЕРЕПЕЛОВ

<sup>1</sup>М.В. Лазарева, кандидат ветеринарных наук, доцент

<sup>2</sup>Н.А. Шкиль, доктор ветеринарных наук, профессор

<sup>1</sup>Новосибирский государственный аграрный университет

<sup>2</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН

E-mail: Lazareva7@mail.ru

**Ключевые слова:** птицеводство, сельское хозяйство, перепел, хелатный комплекс, Биоцинк, печень, ядерно-цитоплазматическое отношение.

**Реферат.** Включение в рацион перепелов хелатного комплекса цинка положительно влияет на мясную продуктивность. Происходит увеличение массы тушки, внутренних органов, повышается убойный выход. Наибольшая 37-суточная масса тушки выявлена во 2-й опытной группе (Биоцинк 0,2 мл/кг), она составила  $79,87 \pm 7,69$  г ( $p \leq 0,001$ ), тем самым убойный выход составил 74,4 %, что на 16,6 % больше, чем в контрольной группе. Наибольшую массу 98-суточной тушки отмечали у перепелов 2-ой опытной группы (Биоцинк 0,2 мл/кг), она составила  $215,56 \pm 8,67$  г ( $p \leq 0,001$ ), что на 69,91 г больше, чем в контрольной. Убойный выход составил 76,3 %, что больше, чем в контрольной группе на 9,9 %. Наибольшее увеличение абсолютной массы печени у 37-суточных перепелов наблюдали при использовании препарата Биоцинк в дозе 0,2 мл/кг –  $3,74 \pm 0,33$  г, относительная масса – 3,05 %. У 98-суточных перепелов –  $5,52 \pm 0,28$  г и 1,95 % при использовании препарата Биоцинк в дозе 0,2 мл/кг. Выявлены сосудистые изменения печени, которые затрагивают сосуды всех калибров: от центральных вен до синусоидов. Это проявляется в вазодилатации в контрольной группе и вазоконстрикции в опытных группах перепелов. Уменьшение диаметра центральной вены и ширины синусоидных капилляров свидетельствует о повышении тонуса сосудистой стенки за счет увеличения сократительной способности мышечной оболочки под влиянием препарата Биоцинк. Наименьшее ядерно-цитоплазматическое отношение, отмечается во 2-й и 3-й опытных группах (0,38) при включении в рацион препарата Биоцинк в дозе 0,2 и 0,3 мл/кг, что проявляется наиболее высоким функциональным состоянием гепатоцитов.

## EFFECT OF ZINC CHELATE ON SLAUGHTER AND LIVER MORPHOLOGY OF QUAIL

<sup>1</sup>M.V. Lazareva, PhD in Veterinary Sciences, Associate Professor

<sup>2</sup>N.A. Shkil, Doctor of Veterinary Sciences, Professor

<sup>1</sup>Novosibirsk State Agrarian University

<sup>2</sup>Sibirsky Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences

**Keywords:** poultry farming, agriculture, quail, chelate complex, Biocinc, liver, nuclear-cytoplasmic ratio.

**Abstract.** The inclusion of zinc chelate complex in the diet has a positive effect on meat productivity. There is an increase in the mass of the carcass, internal organs, and a slaughter yield increases. The largest 37-day mass of the carcass was detected in the 2nd experimental group (Biocinc 0,2 mL/kg), it was  $79,87 \pm 7,69$  g ( $p \leq 0,001$ ), thereby the slaughter yield was 74,4 %, which is 16,6% more than in the control group. The largest weight of 98-day carcass was noted in quail of the 2nd test group (Biocinc 0,2 mL/kg), which was  $215,56 \pm 8,67$  g ( $p \leq 0,001$ ), which is 69,91 g more than in the control group. The kill yield was 76,3 %, which is 9,9 % more than in the control group. The largest increase in absolute liver weight in 37-day quail was observed with the use of Biocinc at a dose of 0,2 mL/kg –  $3,74 \pm 0,33$  g, relative weight – 3,05 %. 98-day quail –  $5,52 \pm 0,28$  g and 1,95 % when using Biocinc at a dose of 0,2 mL/kg. Vascular changes in the liver have been identified that affect the vessels of all calibers: from the central veins to the sinusoids. This manifests in vasodilation in the control group and vasoconstriction in the experimental quail groups. A decrease in the diameter of the central

*vein and the width of the sinusoid capillaries indicates an increase in the tone of the vascular wall due to an increase in the contractility of the muscular membrane under the influence of Biocinc. The lowest nuclear-cytoplasmic ratio is observed in 2 and 3 experimental groups (0,38) when Biocinc is included in the diet at a dose of 0,2 and 0,3 mL/kg, which is manifested by the highest functional state of hepatocytes.*

Наиболее перспективным и актуальным направлением сельского хозяйства в настоящее время является птицеводство. Одно из направлений птицеводства – перепеловодство. Перепеловодство рентабельно, что связано с высокой пищевой ценностью получаемой продукции и небольшой трудоемкостью выращивания. Учеными (В.С. Бабунова, П.А. Попов, И.С. Осипова, 2020) установлено, что для максимальной реализации генетического потенциала птицы необходимо полноценное сбалансированное кормление с использованием биологически активных добавок. Различные кормовые добавки способствуют активизации обмена веществ и кровообращения, повышению привеса, улучшению иммунитета, увеличению выживаемости молодняка, заметному улучшению товарного вида и пищевой ценности продукции [1]. Основным источником микроэлементов для животных являются корма, минеральный состав которых часто подвержен значительным колебаниям и зависит от многих факторов, таких как состояние почвы, вида растений, фазы заготовки, уровня внесения минеральных удобрений, климатических условий и др. [2]. Многими исследованиями [3–5] установлено, что нередко в рационах животных наблюдается недостаток одних элементов и избыток других. Недостаток микроэлементов вызывает нарушения процессов обмена веществ в организме птиц, которые ведут к снижению темпов роста, потере аппетита, нарушениям репродуктивной функции и ослаблению иммунитета.

В практике птицеводства все большее распространение получает применение органических комплексов, содержащих микроэлементы, особенно их хелаты [6, 7]. Металлы, связываясь с различными органическими веществами, оказывают на процессы жизнедеятельности в организме широкое регуляторное влияние, которое более разнообразно, чем действие основных питательных веществ. Многими авторами отмечено позитивное влияние микроэлементов на выращивание птицы, формирование и структурную организацию гепатоцитов, их ядра и цитоплазмы [8–11]. Многочисленные морфологические исследования печени доказывают положительное влияние на органогенез включения в рацион соединений микроэлементов [12, 13]. Цинк не может накапливаться в организме, поэтому для удовлетворения функциональных потребностей необходимо регулярное потребление цинка с пищей, высокая утилизация цинка является самой большой проблемой в рационе животных, учитывая, что высокое содержание цинка в стуле серьезно загрязняет окружающую среду. Растет интерес к применению органических соединений для повышения эффективности использования микроэлементов в рационах питания [14–16].

Целью исследования явилось изучение влияния препарата Биоцинк на показатели убоя и морфологию печени перепелов.

Работа выполнена на кафедре анатомии и физиологии института ветеринарной медицины и биотехнологии ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет». В опыте использовали перепелов японской породы яично-мясного направления в количестве 160 голов. Было сформировано 4 группы по 40 перепелов суточного возраста в каждой. Перепелов контрольной группы кормили основным рационом (ОР), разработанным сотрудниками СФНЦА РАН, включающим зерновые и бобовые культуры. В опытных группах к основному рациону добавляли препарат Биоцинк в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 мл/кг массы тела 1 раз в сутки в течение 21 дня с повторной дачей через 45 дней. Выведение животных из эксперимента провели в возрасте 37 и 98 дней. Препарат Биоцинк представляет собой водный раствор биологически активных веществ (не менее 5 %), в состав которого входит органическое железо в форме хе-

латов и карбоксилатов (1000 мг/л), являющееся естественным биосовместимым стимулятором гемопоэза. Производителем препарата является компания ООО «БиоСистема».

Для гистологических исследований были взяты образцы тканей печени. Готовили гистологические срезы толщиной 4–5 мкм, окрашивали гематоксилином и эозином и исследовали с помощью микроскопа (Primo Star Zeiss) с цифровой фотокамерой AxioCam ERc5s и программным обеспечением для анализа изображений (программа Image J). При морфометрии тканевых компартментов печени измеряли диаметр центральной вены, ширину синусоидных капилляров, площадь ядра и цитоплазмы гепатоцитов, определяли ядерно-цитоплазматическое отношение.

Для оценки значимости различий между группами использовался непараметрический метод Манна – Уитни. Также использовался метод вариационной статистики: вычисление средней арифметической (M) и ее ошибки (m). Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принимали равным 0,05. Биоинформационный анализ полученных данных проводили при помощи программных пакетов Excel MS Office-2016 и Past 4.03 (SPSS 22.0).

В результате исследований при анатомической разделке 37-суточных тушек перепелов выявили различия между контрольной и опытными группами. Масса потрошеной тушки перепелов опытных групп была больше контрольной, из чего сделали вывод, что включение в рацион перепелов хелатного комплекса цинка положительно повлияло на мясную продуктивность. На фоне наибольшего повышения предубойной массы тела ( $122,40 \pm 5,44$  г при  $p \leq 0,001$ ), наибольшая 37-суточная масса тушки отмечена во 2-й опытной группе, перепела которой получали препарат Биоцинк в дозе 0,2 мл/кг, она составила  $91,02 \pm 6,93$  г ( $p \leq 0,001$ ), тем самым убойный выход составил 74,4 %, что на 16,6 % больше, чем в контрольной группе (табл. 1).

Таблица 1

**Морфометрические показатели убоя перепелов 37-суточного возраста**  
**Morphometric indices of slaughter of 37-day-old quails**

| Группа                              | Показатель              |                           |                  |                          |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|--------------------------|
|                                     | Предубойная масса, г    | Масса тушки потрошеной, г | Убойный выход, % | Масса печени, г/ %       |
| контрольная (ОР)                    | $76,01 \pm 4,62$        | $43,93 \pm 1,52$          | 57,8             | $2,38 \pm 0,20 / 3,12$   |
| 1 опытная, (ОР + Биоцинк 0,1 мл/кг) | $115,29 \pm 4,98^*$     | $79,87 \pm 7,69^{***}$    | 69,3             | $3,48 \pm 0,21 / 3,02$   |
| 2 опытная, (ОР + Биоцинк 0,2 мл/кг) | $122,40 \pm 5,44^{***}$ | $91,02 \pm 6,93^{***}$    | 74,4             | $3,74 \pm 0,33^* / 3,05$ |
| 3 опытная, (ОР + Биоцинк 0,3 мл/кг) | $119,40 \pm 8,18^{***}$ | $88,58 \pm 4,26^{***}$    | 73,8             | $3,70 \pm 0,21 / 3,10$   |

Примечание.

\* –  $p \leq 0,05$ , \*\* –  $p \leq 0,01$ , \*\*\* –  $p \leq 0,001$  относительно контрольной группы;

ОР – основной рацион, сбалансированный по нормам ВНИИТИП (2003);

г – абсолютная масса органа;

% – относительная масса органа.

При оценке развития внутренних органов, определении их весовых показателей было выявлено, что происходит увеличение их массы у перепелов опытных групп по сравнению с контролем.



Масса печени у перепелов всех исследуемых групп находилась в пределах нормы, при этом перепела контрольной группы уступали перепелам опытных групп по значению данного показателя. Изменения абсолютной массы печени под влиянием препарата Биоцинк варьировали в зависимости от дозы. Наибольшую абсолютную массу печени ( $3,74 \pm 0,33$  при  $p \leq 0,05$ ) отмечали при использовании препарата Биоцинк в дозе 0,2 мл/кг, при этом относительная масса составила 3,05 %. Увеличение дозы препарата до 0,3 мл/кг не дало значимого эффекта.

Анализируя данные убоя 98-суточных перепелов установили, что абсолютная масса печени птиц опытных групп превосходила этот показатель у сверстников из контрольной группы (табл. 2). Это, очевидно, связано с тем, что перепела опытных групп имели более высокую массу тела, чем в контрольной. Как известно, большей живой массе соответствует и большая масса внутренних органов. Наибольшая предубойная масса выявлена у перепелов 2-й и 3-й (Биоцинк 0,2 и 0,3 мл/кг) опытных групп, она составила соответственно  $282,64 \pm 5,49$  и  $281,16 \pm 4,18$  г при  $p \leq 0,001$ . Наибольшую массу тушки потрошенной отмечали у перепелов 2-й опытной группы (Биоцинк 0,2 мл/кг), которая составила  $215,56 \pm 8,67$  г ( $p \leq 0,001$ ), что на 69,91 г больше, чем в контрольной. Максимальный убойный выход отмечали во 2-й опытной группе (76,3 %), что больше, чем в контрольной группе, на 9,9 %.

Абсолютная масса печени у перепелов, в рацион которых был включен препарат Биоцинк, превышала таковую у перепелов контрольной группы на 0,87 г – с дозой 0,1 мл/кг; на 1,27 г – с дозой 0,2 мл/кг; на 1,16 г – с дозой 0,3 мл/кг.

Таблица 2

**Морфометрические показатели убоя перепелов 98-суточного возраста**  
**Morphometric indices of slaughter of 98-day-old quails**

| Группа                              | Показатель              |                            |                  |                        |
|-------------------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------|------------------------|
|                                     | Предубойная масса, г    | Масса тушки потрошенной, г | Убойный выход, % | Масса печени, г/ %     |
| контрольная (ОР)                    | $218,50 \pm 6,16$       | $145,65 \pm 5,41$          | 66,4             | $4,25 \pm 0,27 / 1,95$ |
| 1 опытная, (ОР + Биоцинк 0,1 мл/кг) | $266,93 \pm 3,38^{***}$ | $189,15 \pm 9,31^{***}$    | 70,9             | $5,12 \pm 0,33 / 1,92$ |
| 2 опытная, (ОР + Биоцинк 0,2 мл/кг) | $282,64 \pm 5,49^{***}$ | $215,56 \pm 8,67^{***}$    | 76,3             | $5,52 \pm 0,28 / 1,95$ |
| 3 опытная, (ОР + Биоцинк 0,3 мл/кг) | $281,16 \pm 4,18^{***}$ | $212,83 \pm 8,45^{***}$    | 75,7             | $5,41 \pm 0,30 / 1,93$ |

Примечание.

\* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* –  $p \leq 0,001$  относительно контрольной группы;

ОР – основной рацион, сбалансированный по нормам ВНИИТИП (2003);

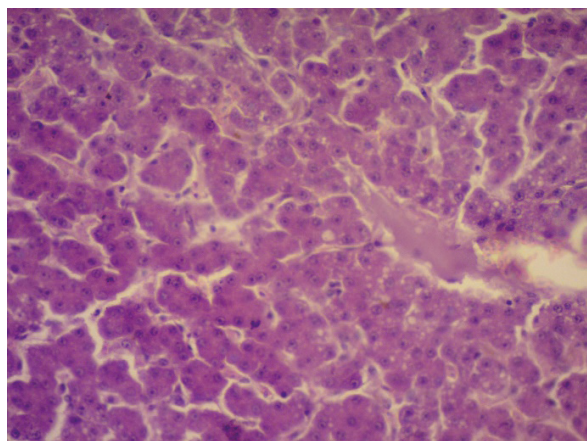
г – абсолютная масса органа;

% – относительная масса органа.

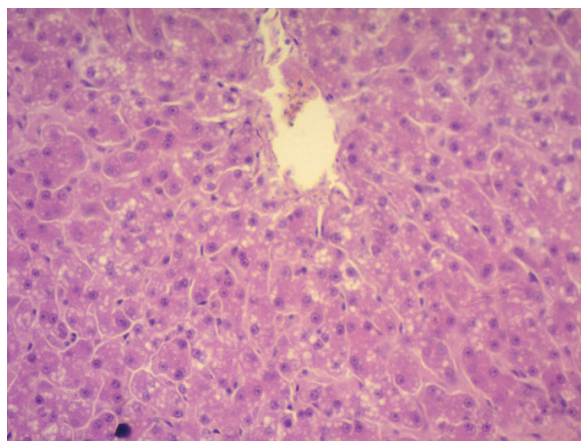
Нормальное функционирование пищеварительной системы в большой степени зависит от функционального состояния печени. Печень участвует в обмене углеводов, жиров, почти всех витаминов, воды и микроэлементов. Кроме этого, она выполняет барьерные функции, обезвреживая ядовитые вещества, поступающие из кишечника, и задерживая бактерии. У перепелов опытной и контрольных групп были выявлены общие закономерности строения и развития печени, проявляющиеся в наличии одинаковых морфологических структур, что свидетельствует о безопасности применения препарата Биоцинк. В результате морфологических исследований

образцов печени перепелов выявили, что печень сравниваемых групп имела аналогичное строение: две доли, окруженные соединительнотканной капсулой, паренхима состояла из пластинок гепатоцитов и лежащих между ними синусоидных капилляров. Структурной единицей являлась долька, имеющая форму шестигранной призмы, в центре которой находилась центральная вена. В междольковой соединительной ткани располагались печеночные триады (междольковая артерия, вена и желчный проток), лимфатические сосуды.

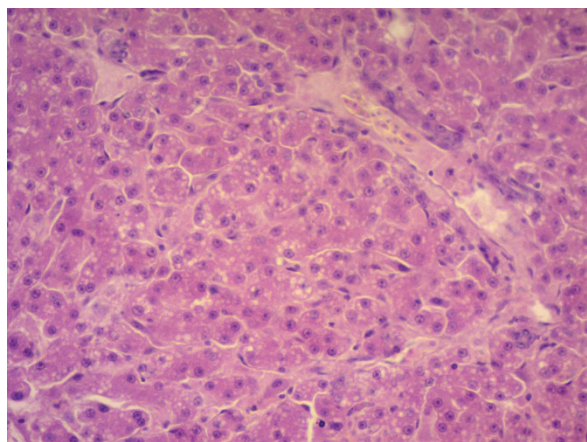
Наряду с этим выявили сосудистые изменения, которые затрагивают сосуды всех калибров: от центральных вен до синусоидов. Это проявляется в вазодилатации в контрольной группе и вазоконстрикции в опытных группах перепелов (см. рис.).



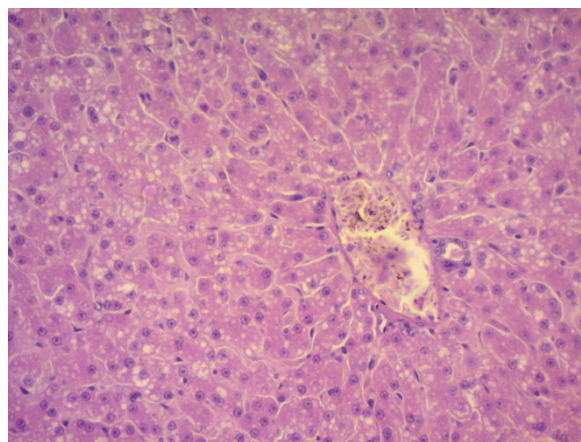
А



Б



В



Г

Гистологическая картина печени перепелов:  
Histological picture of quail liver:

А – контрольная группа;  
Б – 1 опытная, (ОР + Биоцинк 0,1 мл/кг);  
В – 2 опытная, (ОР + Биоцинк 0,2 мл/кг);  
Г – 3 опытная, (ОР + Биоцинк 0,3 мл/кг);  
Окраска гематоксилин и эозин, Ув. х 400

Так, диаметр центральной вены печени перепелов опытных групп был меньше контроля на 10,69 % (Биоцинк 0,1 мл/кг), на 8,98 (Биоцинк 0,2 мл/кг) и 11,47 % (Биоцинк 0,3 мл/кг) (табл. 3). Ширина синусоидных капилляров была меньше контроля на 58,26 ( $p \leq 0,001$ ), 17,37 и 13,17 % соответственно. Уменьшение диаметра центральной вены и ширины синусоидных капилляров

свидетельствует о повышении тонуса сосудистой стенки за счет увеличения сократительной способности мышечной оболочки под влиянием препарата Биоцинк.

Таблица 3

**Морфометрические показатели печени 98-суточных перепелов**  
**Morphometric indices of the liver of 98-day-old quails**

| Показатель                                      | Группа           |                                     |                                     |                                     |
|-------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                 | контрольная (ОР) | 1 опытная, (ОР + Биоцинк 0,1 мл/кг) | 2 опытная, (ОР + Биоцинк 0,2 мл/кг) | 3 опытная, (ОР + Биоцинк 0,3 мл/кг) |
| Диаметр центральной вены, мкм<br>72,37 ± 3,63   |                  | 64,63 ± 3,89                        | 65,87 ± 3,84                        | 64,07 ± 2,32                        |
| Ширина синусоидных капилляров, мкм              | 7,14 ± 0,48      | 2,98 ± 0,31***                      | 5,90 ± 0,39                         | 6,20 ± 0,47                         |
| Площадь ядра гепатоцита, мкм <sup>2</sup>       | 16,43 ± 0,85     | 15,05 ± 1,06                        | 14,40 ± 0,89                        | 14,92 ± 0,75                        |
| Площадь цитоплазмы гепатоцита, мкм <sup>2</sup> | 35,57 ± 4,16     | 37,02 ± 5,56                        | 38,16 ± 5,69                        | 38,97 ± 3,84                        |
| Ядерно-цитоплазматическое отношение (ЯЦО)       | 0,49             | 0,41                                | 0,38                                | 0,38                                |

Клетки с высоким содержанием биологически активных веществ важных для метаболизма, таких как гормоны, ферменты, жиры, отличаются пониженным ЯЦО. Так, наименьшее ядерно-цитоплазматическое отношение отмечается во 2-й и 3-й опытных группах (0,38) при включении в рацион препарата Биоцинк в дозе 0,2 и 0,3 мл/кг, что проявляется наиболее высоким функциональным состоянием гепатоцитов.

Таким образом, применение хелатного комплекса цинка улучшает обмен веществ в печени и обеспечивает тем самым интенсивный рост, развитие и высокую продуктивность птицы.

В заключении могут быть сформулированы следующие выводы.

1. Наибольшая 37-суточная масса тушки выявлена во 2-й опытной группе перепелов, которые получали препарат Биоцинк в дозе 0,2 мл/кг, она составила 79,87 ± 7,69 г ( $p \leq 0,001$ ), убойный выход составил 74,4 %, что на 16,6 % больше, чем в контрольной группе. Наибольшую массу 98-суточной тушки отмечали также у перепелов 2-й опытной группы (Биоцинк 0,2 мл/кг), которая составила 215,56 ± 8,67 г ( $p \leq 0,001$ ), что на 69,91 г больше, чем в контрольной. Убойный выход составил 76,3 %, что больше, чем в контрольной группе на 9,9 %.

2. Наибольшее увеличение абсолютной массы печени у 37-суточных перепелов наблюдали при использовании препарата Биоцинк в дозе 0,2 мл/кг – 3,74 ± 0,33 г, относительная масса – 3,05 %. У 98-суточных перепелов – 5,52 ± 0,28 г и 1,95 % при использовании препарата Биоцинк в дозе 0,2 мл/кг.

3. Диаметр центральной вены печени перепелов опытных групп был меньше контроля на 10,69 % (Биоцинк 0,1 мл/кг), на 8,98 (Биоцинк 0,2 мл/кг) и 11,47 % (Биоцинк 0,3 мл/кг). Ширина синусоидных капилляров была меньше контроля на 58,26 ( $p \leq 0,001$ ), 17,37 и 13,17 % соответственно.

4. Наименьшее ядерно-цитоплазматическое отношение, отмечается во 2-й и 3-й опытной группе (оно составило 0,38) при включении в рацион препарата Биоцинк в дозе 0,2 и 0,3 мл/кг.



кг соответственно, что проявляется наиболее высоким функциональным состоянием гепатоцитов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бабунова В.С., Попов П.А., Осипова И.С. Проблема классификации кормовых добавок, используемых в рационе продуктивных животных // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2020. – № 1 (33). – С. 12–16.
2. Шамко В.В., Люндышев В.А. Роль микроэлементов и их хелатных форм в нормализации обмена веществ // Научные основы развития АПК: сб. науч. тр. по материалам XXIV Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с междунар. участием. Томск, 24 апреля – 10 июня 2022 г. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2022. – С. 222–226.
3. Мерфи Р. Микроэлементы, корма и недостаток элементов в рационе // Животноводство России. – 2019. – Т. 4. – С. 41–44.
4. Лазарева М.В., Шкиль Н.А., Мезенцева С.В. Обоснование фармакологической коррекции минерального состава рационов для животных // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 3 (56). – С. 110–115.
5. Проворова Н.А., Дежаткин М.Е. К вопросу о балансировании минерального питания животных // Кремний и жизнь. Кремнистые породы в сельском хозяйстве. – 2021. – С. 195–199.
6. Лазарева М.В., Лазарева И.С., Шкиль Н.А. Влияние хелатных соединений эссенциальных микроэлементов на рост перепелов // Ветеринария. – 2021. – № 8. – С. 49–51.
7. Мезенцева С.В., Лазарева М.В., Стацевич Л.Н. Влияние кормовой добавки Биокальций на биохимический статус крови перепелов // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 4 (65). – С. 153–159.
8. Влияние ферментных препаратов на гистоструктуру печени и поперечнополосатой мускулатуры у перепелов / В.В. Бандурко, Б.Д. Гусова, А.Ю. Джагаев, И.С. Сеидов // Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы Всерос. науч.-практ. конф. в честь 90-летия фак. технологического менеджмента. Владикавказ, 14–16 ноября 2019 г. – Владикавказ: Горский ГАУ, 2019. – Т. 1. – С. 396–400.
9. Лемещенко В.В., Головченко В.В. Динамика морфометрических показателей печени перепелов в возрастном аспекте // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2021. – № 28 (191). – С. 112–117.
10. Растриженкова В.К., Лазарева М.В. Необходимость применения биологически активных добавок в промышленном выращивании животных (обзор) // Актуальные вопросы акушерства, гинекологии и репродуктологии животных: сборник тр. науч.-практ. конф. студентов Института ветеринарной медицины и биотехнологии Новосибирского ГАУ. Новосибирск, 15 июля 2023 г. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2023. – С. 41–44.
11. Сковородин Е.Н., Базекин Г.В., Бронникова Г.З. Морфологическое обоснование применения антиоксидантов при выращивании птицы // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1. – С. 114–125.
12. Effects of humic acid and organic acids supplements on performance, meat quality, leukocyte count, and histopathological changes in spleen and liver of broiler chickens / A. Akaichi, A. Jebali, M. Benlarbi [et al.] // Research in Veterinary Science. – 2022. – Vol. 150. – P. 179–188.
13. Effects of dietary zinc oxide nanoparticles supplementation on broiler growth performance, zinc retention, liver health status, and gastrointestinal microbial load / H.M. Yusof, R. Mohamad, U.H. Zaidan [et al.] // Journal of Trace Elements and Minerals. – 2023. – Vol. 4. – P. 100072.
14. Effects of zinc oxide nanoparticles on growth performance and concentrations of malondialdehyde, zinc in tissues, and corticosterone in broiler chickens under heat stress conditions / S.K. Ramiah, E.A. Awad, S. Mookiah, Z. Idrus // Poultry science. – 2019. – Vol. 98, № 9. – P. 3828–3838.
15. Supplementation of different zinc sources to low-CP diets and its effect on performance, carcass traits, liver and kidney functions, immunological, and antioxidant parameters of quail chicks / A.A.M. Elsayed, S.S. Abol-Ela, A.A. Askar [et al.] // Poultry Science. – 2021. – Vol. 100, № 11. – P. 101463.



16. *Feeding zinc-biofortified wheat improves performance, nutrient digestibility, and concentrations of blood and tissue minerals in quails* / N. Sahin, O. Kucuk, C. Orhan [et al.] // *Biological Trace Element Research*. – 2022. – Vol. 200, № 8. – P. 3774–3784.

## REFERENCES

1. Babunova V.S., Popov P.A., Osipova I.S., *Rossijskij zhurnal Problemy veterinarnoj sanitarii, gigieny i jekologii*, 2020, No. 1 (33), pp. 12–16. (In Russ.)
2. Shamko V.V., Ljundyshev V.A., *Nauchnye osnovy razvitija APK* (Scientific bases of agro-industrial complex development), XXIV Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh s mezhdunarodnym uchastiem), Tomsk, 24 aprelja – 10 ijunja 2022, Novosibirsk: “Zolotoj kolos”, 2022, pp. 222–226. (In Russ.)
3. Merfi R. *Zhivotnovodstvo Rossii*, 2019, vol. 4, pp. 41–44. (In Russ.)
4. Lazareva M.V., Shkil' N.A., Mezenceva S.V., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 3 (56), pp. 110–115. (In Russ.)
5. Provorova N.A., Dezhatkin M.E., *Kremnij i zhizn'. Kremnistye porody v sel'skom hozjajstve*, 2021, pp. 195–199. (In Russ.)
6. Lazareva M.V., Lazareva I.S., Shkil' N.A., *Veterinarija*, 2021, No. 8, pp. 49–51. (In Russ.)
7. Mezenceva S.V., Lazareva M.V., Stacevich L.N., *Vestnik NGAU*, 2022, No. 4 (65), pp. 153–159. (In Russ.)
8. Bandurko V.V., Gusova B.D., Dzhagaev A.Ju., Seidov I.S., *Innovacionnye tehnologii proizvodstva i pererabotki sel'skohozjajstvennoj produkcii* (Innovative technologies of production and processing of agricultural products), Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii v chest' 90-letija fakul'teta tehnologicheskogo menedzhmenta, Vladikavkaz, 14–16 nojabrja 2019, Vladikavkaz: Gorskij GAU, 2019, vol. 1, pp. 396–400. (In Russ.)
9. Lemeshehenko V.V., Golovchenko V.V., *Izvestija sel'skohozjajstvennoj nauki Tavridy*, 2021, No. 28 (191), pp. 112–117. (In Russ.)
10. Rastrizhenkova V.K., Lazareva M.V., *Aktual'nye voprosy akusherstva, ginekologii i reproduktologii zhivotnyh* (Actual issues of obstetrics, gynecology and reproductology of animals), Nauchno-prakticheskoj konferencii studentov instituta veterinarnoj mediciny i biotehnologii Novosibirskogo GAU, Novosibirsk, 15 ijulja 2023, Novosibirsk: “Zolotoj kolos”, 2023, pp. 41–44. (In Russ.)
11. Skovorodin E.N., Bazekin G.V., Bronnikova G.Z., *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 1, pp. 114–125. (In Russ.)
12. Akaichi A., Jebali A., Benlarbi M., Mahjoub T., Kaboudi K., Chaouacha-Chekir R.B., *Research in Veterinary Science*, 2022, vol. 150, P. 179–188.
13. Yusof H.M., Mohamad R., Zaidan U.H., Arshad M.A., Samsudin A.A., *Journal of Trace Elements and Minerals*, 2023, vol. 4, P. 100072.
14. Ramiah S.K., Awad E.A., Mookiah S., Idrus Z., *Poultry science*, 2019, vol. 98, No. 9, P. 3828–3838.
15. Elsayed A.A.M., Abol-Ela S.S., Askar A.A., Mohamed L.A., El-Sayed S.A., Ahmed S.Y., *Poultry Science*, 2021, vol. 100, No. 11, P. 101463.
16. Sahin N., Kucuk O., Orhan C., Savasli E., Cakmak I., *Biological Trace Element Research*, 2022, vol. 200, No. 8, P. 3774–3784.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОБИОТИКОВ ВЕТОМ 1 И ВЕТОМ 1.2 В РАННИЙ ПОСТНАТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД У ТЕЛЯТ

<sup>1</sup>А.А. Эленшлегер, доктор ветеринарных наук, профессор

<sup>1</sup>А.И. Леляк, директор

<sup>2</sup>А.В. Требухов, доктор ветеринарных наук, доцент

<sup>1</sup>ООО Научно-производственная фирма «Исследовательский центр»

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

E-mail: aleks\_tav@mail.ru

**Ключевые слова:** пробиотики, Ветом 1, Ветом 1.2, диспепсия, крупного рогатый скот, телята, лечение, профилактика.

**Реферат.** Одним из ключевых направлений, обеспечивающих продовольственную безопасность страны, является производство достаточного количества животноводческой продукции. Современные требования к производству продукции скотоводства подталкивают производителей исключить антибактериальные препараты из технологии выращивания телят заменяя их пробиотическими препаратами. Поэтому поиск и апробация новых высокоэффективных пробиотических препаратов так актуальны. Цель исследований – изучение влияния пробиотиков Ветом 1 и Ветом 1.2 на клинико-биохимический статус и массу телят в ранний постнатальный период. Исследования проводились на телятах-аналогах черно-пёстрой породы в весенний период. Были сформированы одна контрольная и две опытные группы телят. Исследования проводились от рождения до 2-месячного возраста. Телята 1-й опытной группы получали к рациону Ветом 1. 2-я опытная группа – Ветом 1.2. В ходе исследования установлено, что применение пробиотиков Ветом 1 и Ветом 1.2 значительно снижает вероятность возникновения диспепсии в ранний постнатальный период у телят, а также положительно влияют на их клинико-биохимический статус. При этом наиболее эффективен Ветом 1.2. Применение пробиотиков Ветом 1. и Ветом 1.2. способствует повышению у телят массы тела и среднесуточного привеса. Самый большой привес отмечался через месяц после рождения в группе, получавшей Ветом 1.2, он был выше контроля в 1,6 раза и в 1,4 раза – по сравнению с телятами, получавшими Ветом 1. Привес телят в группе с Ветом 1 в сравнении с контрольными был выше на 15,5 %. Массу тела телят в трех исследуемых группах спустя 2 месяца после рождения можно представить как: группа с Ветом 1.2. ( $77,80 \pm 3,40$  кг) > группа с Ветом 1 ( $76,50 \pm 3,70$  кг) > не получавшие пробиотики ( $71,60 \pm 3,17$  кг).

## THE USE OF PROBIOTICS VETOM 1 AND VETOM 1.2. IN THE EARLY POSTNATAL PERIOD IN CALVES

<sup>1</sup>A.A. Elenschlager, Doctor of Veterinary Sciences, Professor

<sup>1</sup>A.I. Lelyak, Director

<sup>2</sup>A.V. Trebukhov, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor

<sup>1</sup>LLC NPF “Research Center”

<sup>2</sup>Altai State Agrarian University

**Keywords:** probiotics, Vetom 1, Vetom 1.2, dyspepsia, cattle, calves, treatment, prevention.

**Abstract.** One of the key areas ensuring the country's food security is the production of a sufficient number of livestock products. Modern requirements for the production of livestock products are pushing manufacturers to exclude antibacterial drugs from the technology of bearing calves, replacing them with probiotic drugs. Therefore, the search and testing of new highly effective probiotic drugs is relevant. The purpose of the research is to study the effect of probiotics Vetom 1 and Vetom 1.2 on the clinical and biochemical status and weight of calves in the early postnatal period. The studies were conducted on analog calves, a black-and-white breed in the spring period. Two groups of experimental calves and one group of control calves were formed. The study was conducted from birth to 2 months of age. The first experimental group of calves received a diet

*of Vet 1. The second experimental group was Vet 1.2. During the study, it was found that the use of probiotics Vet 1 and Vet 1.2 significantly reduces the likelihood of dyspepsia in the early postnatal period in calves, and also positively affects their clinical and biochemical status. At the same time, Vetom 1.2 is the most effective. The use of probiotics Vetom 1. and Vetom 1.2. helps to increase body weight and average daily weight gain in calves. The body weight of groups of calves 2 months after birth can be represented as a group with a weight of 1.2. ( $77.80 \pm 3.40$  kg) > group with Vet 1 ( $76.50 \pm 3.7$  kg) > who did not receive probiotics ( $71.60 \pm 3.17$  kg). The largest gain was observed a month after birth in the group receiving Vet 1.2. it was 1.6 times higher than the control and 1.4 times higher than in calves receiving Vet 1. The weight gain of calves with Vet 1 in comparison with the control was 15.5% higher. The body weight of calves receiving probiotics 2 months after birth can be represented as follows: Vet 1.2. ( $77.80 \pm 3.40$  kg), Vet 1 ( $76.50 \pm 3.7$  kg), who did not receive probiotics ( $71.60 \pm 3.17$  kg).*

Одним из ключевых направлений, обеспечивающих продовольственную безопасность страны, является интенсивное развитие отечественного скотоводства. Реализация данного направления представляет собой многофакторную задачу, включающую в себя высокую интенсификацию мясного и молочного производства. Кроме того, современные условия рыночной экономики, требуют от животноводческой отрасли не только достаточного количества и разнообразия продукции, но и продукции, полученной без применения антибиотиков, сульфаниламидных и других подобных средств [1–2]. Повышение интенсификации продуктивности, а следовательно, и обмена веществ у животных, делает их чувствительными к различным стресс-факторам, в т. ч. – к нарушениям кормления [3]. На этом фоне исключение антибиотиков – основного компонента схем лечения патологий желудочно-кишечного тракта у скота, особенно у молодняка, способствовало поиску средств, способных их заменить. Это привело к развитию рынка пробиотических препаратов, способных обеспечить нормализацию состава микрофлоры кишечника и восстановлению его функции [4–5]. Пробиотики в процессе своей жизнедеятельности «выдавливают» патогенную микрофлору. Они увеличивают количество полезных анаэробных бактерий и уменьшают содержание в просвете кишечника патогенных микроорганизмов [6–8]. За счёт этого пробиотики приводят к снижению заболеваний не только желудочно-кишечного тракта, но и других органов и систем, способствует повышению продуктивности, физических показателей и т. д. [9–11]. Подобный благоприятный эффект препаратов данной группы на организм животных объясняет постоянно растущий интерес к ним. В этой связи актуальны поиск и апробация новых высокоэффективных пробиотических препаратов.

Целью исследований являлось изучение влияния пробиотиков Ветом 1 и Ветом 1.2 на клинико-биохимический статус и массу телят в ранний постнатальный период.

Исследования проводились в учхозе Пригородное, г. Барнаула. Объектом исследования служили телята-аналоги черно-пёстрой породы в весенний период 2022 г. Предметом исследования являлись клинико-биохимический статус телят, масса и привесы телят.

Было сформировано две опытные и одна контрольная группы телят. В каждую группу было отобрано по 15 голов. Группы телят формировались по мере рождения, в соответствии с принципом аналогов. Исследование проводилось в течение 2 месяцев (дача пробиотиков и клиническое исследование телят). Кормление и содержание телят были идентичны, на условиях, принятых в хозяйстве. Телята 1-й опытной группы получали к основному рациону Ветом 1 в дозе 50 мг/кг массы животного. Телята 2-й опытной группы получали к основному рациону Ветом 1.2, также в дозе 50 мг/кг массы животного. При заболевании телят диспепсией с лечебной целью дозу препарата Ветом 1 увеличивали до 100 мг/кг, а Ветом 1.2 – до 75 мг/кг массы животного вплоть до восстановления функций желудочно-кишечного тракта. Производитель пробиотических препаратов: ООО НПФ «Исследовательский центр», Новосибирская область, р. п. Кольцово.

Контрольная группа получала основной рацион по схеме кормления, принятой в хозяйстве. При заболевании телят контрольной группы в комплексной терапии использовали антибиотики

Рифоциклин (рифампицин и тетрациклин) в дозе 300 мг/кг внутрь, 2 раза в день и Энроксил (энрофлоксацин) п/к 1 мл на 20 кг массы тела животного 1 раз в сутки.

По достижению телятами 2 месяцев проводилось клиническое и биохимическое исследование.

В ходе исследования определяли:

- клинический статус по схеме диспансеризации (температуру тела, частоту пульса и дыхания, общее состояние);
- биохимический статус крови (общий белок, глюкозу, триглицериды, общий кальций, неорганический фосфор).

Контрольные взвешивания проводили в начале (при рождении), в месячном возрасте и в конце опыта.

Кровь для морфологического исследования брали в вакуумные пробирки марки «ЕДТА К3», а для биохимического исследования – в вакуумные пробирки марки «Verno» с активатором свёртывания.

Полученные результаты исследований обработаны методом вариационной статистики, с использованием прикладной программы StatSoft Statistica.

Предметом исследований были лекарственные препараты для ветеринарного применения (пробиотики) Ветом 1 и Ветом 1.2. В составе пробиотика Ветом 1 используется бактерия *Bacillus subtilis*, рекомбинантный штамм ВКПМ В-10641 (DSM 24613), в препарате Ветом 1.2 в качестве действующего начала используются три бактерии родов *Bacillus*: *Bacillus subtilis* ВКПМ В-10641, *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642 и *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643.

За физиологические величины брались данные, полученные И.П. Кондрахиным с соавторами [12].

В ходе клинического исследования установлено, что среднегрупповые показатели температуры тела, частоты дыхания и сердечных сокращений у телят после рождения находились в пределах физиологических величин и достоверных различий между группами не имелось.

При последующем наблюдении у телят 1-й опытной группы, которые получали с молозивом Ветом 1, в результате нарушения технологии кормления в первый день после рождения диспепсией заболели 9 животных, в том числе в 3 случаях – в тяжёлой форме. Значения температуры тела в среднем у данных телят составили  $38,4 \pm 0,15$  °С, частота пульса и дыхания –  $169 \pm 4,12$  уд./мин  $39,9 \pm 1,46$  дых./мин соответственно. После увеличения дозы препарата до 100 мг/кг и кратности применения до трёх раз в день диарея прекратилась в течение суток.

У 4 телят 2-й опытной группы, которым с молозивом давали Ветом 1.2 в дозе 50 мг/кг массы на 2-й день, также отмечали расстройство пищеварения (диспепсия) в лёгкой форме, которое характеризовалось диареей. Фекалии жёлтого цвета, специфического запаха. Значения температуры тела в среднем у описываемых телят составили  $39,1 \pm 0,11$  °С, частота пульса  $170 \pm 3,12$  уд./мин, дыхания –  $41,2 \pm 1,70$  дых./мин. После увеличения дозы препарата до 75 мг/кг массы и кратности его дачи до трёх раз в день диарея прекратился в течение суток. В обеих группах у телят до 10-дневного возраста рецидивов болезни не было.

У телят контрольной группы с первого дня рождения нарушение пищеварения отмечали у 100 % животных. Заболевание протекало у трёх телят в лёгкой форме, у девяти – в средней и ещё у трёх – в тяжёлой форме. В среднем значения температура тела, частота пульса и дыхания у данных телят составили соответственно  $39,3 \pm 0,18$  °С,  $174 \pm 4,3$  уд./мин и  $40,3 \pm 2,36$  дых./мин.

При тяжёлой форме заболевание характеризовалось угнетением, западанием глаз в орбиты, обезвоживанием, сухостью кожи, снижением температуры тела на  $0,7$  °С, учащением сердечных сокращений до 180, дыхание до 54.



После назначения лечения по схеме, принятой в хозяйстве, с использованием антибиотиков выздоровление телят наступило на 3–4 день. У 6 телят отмечали рецидив болезни в лёгкой форме на 8-й день жизни, их лечили повторно по схеме, принятой в хозяйстве, с антибиотиками. Выздоровление наступило на 2-е сутки.

Результаты биохимических исследований крови телят по истечению 2 месяцев применения пробиотиков представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Показатели биохимического статуса крови телят исследуемых групп ( $M \pm m$ )**  
**Indicators of the biochemical status of the blood of calves of the studied groups ( $M \pm m$ )**

| № п/п | Показатель                 | Физиологические величины [12] | Группа           |                  |                  |
|-------|----------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|
|       |                            |                               | 1-я опытная      | 2-я опытная      | контрольная      |
| 1     | Об. белок, г/л             | 61,10–82,20                   | 60,70 $\pm$ 3,04 | 59,44 $\pm$ 6,73 | 58,56 $\pm$ 1,58 |
| 2     | Глюкоза, ммоль/л           | 2,20–4,10                     | 7,59 $\pm$ 1,34  | 7,24 $\pm$ 1,48  | 8,18 $\pm$ 1,23  |
| 3     | Кальций, ммоль/л           | 2,10–3,30                     | 3,03 $\pm$ 0,14  | 3,51 $\pm$ 0,34  | 3,36 $\pm$ 0,22  |
| 4     | Ca <sup>++</sup> , ммоль/л | 1,03–1,55                     | 1,46 $\pm$ 0,08  | 1,72 $\pm$ 0,17  | н/д              |
| 5     | Фосфор, ммоль/л            | 1,40–2,50                     | 3,09 $\pm$ 0,25  | 2,99 $\pm$ 0,34  | 3,16 $\pm$ 0,29  |
| 6     | Кальций/фосфор             | 1,18–1,93                     | 0,99 $\pm$ 0,13  | 1,19 $\pm$ 0,16  | 1,07 $\pm$ 0,12  |
| 7     | Триглицериды, ммоль/л      | 0,15–0,64                     | 0,29 $\pm$ 0,10  | 0,25 $\pm$ 0,12  | 0,27 $\pm$ 0,19  |

Как видно из таблицы 1, среднегрупповые показатели содержания общего белка в крови телят во всех исследуемых группах были ниже физиологических границ и не имели между собой достоверных различий. Наиболее низкое значение данного показателя было у телят контрольной группы (58,56  $\pm$  1,58 г/л), что является диагностическим признаком функционального нарушения (белково-образовательной функции) печени.

Уровень глюкозы в крови телят всех групп был выше нормы, что, вероятно, вызвано гипофункцией поджелудочной железы, её инсулярного аппарата. Более высокие среднегрупповые показатели были отмечены у больных телят контрольной группы относительно 2-й опытной группы на 13 % и на 8 % – относительно первой.

Содержание кальция в крови всех исследуемых групп находилось в пределах верхних физиологических границ, а уровень фосфора был выше нормативных значений. При этом соотношение кальций/фосфор во 2-й опытной группе соответствовало физиологическим параметрам. В то время как в контрольной группе отмечалась наибольшая концентрация кальция и фосфора среди исследуемых групп телят, что, на наш взгляд, указывает на нарушение включения данных минералов в физиологические процессы организма.

Значение ионизированного кальция было достоверно выше в крови телят 2-й опытной группы относительно аналогичного показателя 1-й опытной группы на 17,8 % ( $p < 0,05$ ). При этом следует отметить, что значение данного показателя во 2-й опытной группе превышало максимальный физиологический уровень для описываемого параметра, в то время как у телят 1-й опытной группы анализируемый показатель находился в пределах физиологических значений. Повышение содержания ионизированного кальция во 2-й опытной группе на фоне физиологического соотношения кальция/фосфора нами рассматривается как положительная тенденция, демонстрирующая наличие мобильного кальция в крови, способного включаться в различные физиологические процессы, что, в свою очередь, может свидетельствовать о более высоком уровне обмена веществ у данных телят.

Содержание триглицеридов в крови телят всех исследуемых групп находилось в нижних пределах физиологических норм и этот показатель не имел достоверных различий.

Интенсивность роста массы и привесов телят представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Интенсивность роста массы и привесов телят ( $M \pm m$ )**  
**The intensity of growth in weight and weight gain of calves ( $M \pm m$ )**

| Вес                            | Группа              |                      |                     |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|                                | 1-я опытная         | 2-я опытная          | контрольная         |
| Вес при рождении, кг           | 32,07 $\pm$ 2,60    | 29,40 $\pm$ 1,99     | 33,20 $\pm$ 3,55    |
| Вес через 1 месяц, кг          | 55,80 $\pm$ 3,90    | 57,90 $\pm$ 4,31     | 52,70 $\pm$ 3,37    |
| Вес через 2 месяца, кг         | 76,50 $\pm$ 3,70    | 77,80 $\pm$ 3,40     | 71,60 $\pm$ 3,17    |
| Средний привес за 1 месяц, гр. | 746,79 $\pm$ 115,23 | 1046,13 $\pm$ 299,33 | 646,40 $\pm$ 199,96 |
| Средний привес за 2 месяц, гр. | 686,36 $\pm$ 100,63 | 664,13 $\pm$ 105,96  | 633,00 $\pm$ 149,79 |

Из таблицы 2 видно, что уже через месяц после применения пробиотиков, несмотря на отсутствие достоверных различий, средний вес в опытных группах был выше контрольных аналогов. Так, в 1-й опытной группе он превышал значения контроля на 6 %, а во 2-й опытной – на 10 %. Среднегрупповое значение массы телят было выше во 2-й опытной относительно 1-й опытной группы на 4 %. Спустя 2 месяца применения пробиотиков наибольшая масса тела отмечалась у телят, получавших Ветом 1.2. Масса данных телят достоверно превышала аналогичный показатель контроля на 8,7 % ( $p < 0,05$ ). При этом масса опытных групп между собой различалась не значительно. Различия между 1-й и 2-й опытной группой составили 2 % в пользу телят 2-й опытной группы.

Наибольшей привес телят всех исследуемых групп отмечался в 1-й месяц после рождения. При этом самый большой привес отмечался во 2-й опытной группе, получавшей Ветом 1.2. Привес у данных телят был выше контроля в 1,6 раза ( $p < 0,05$ ) и телят 1-й опытной группы, получавших Ветом 1, – в 1,4 раза ( $p < 0,05$ ). Привес телят 1-й опытной группы в сравнении с телятами группы контроля был выше на 15,5 %. Средний привес телят за 2-й месяц после рождения во всех трёх исследуемых группах был сходен и практически не отличался. Привес контрольных телят во 2-й месяц после рождения, аналогичный привесу телят опытных групп, вероятно, вызван более высокой степенью всасывания и использования питательных элементов, поступающих в ЖКТ телят, вследствие отсутствия в нем патологических процессов, имевших место в данной группе в первый месяц после рождения.

Таким образом, по итогам исследования можно сделать следующие выводы.

1. Применение пробиотиков Ветом 1 и Ветом 1.2 значительно снижает вероятность возникновения диспепсии в ранний постнатальный период у телят, а также положительно влияют на их клинико-биохимический статус. При этом наиболее эффективен Ветом 1.2.

2. Применение пробиотиков Ветом 1. и Ветом 1.2. способствует повышению у телят массы тела и среднесуточного привеса. Наибольшая динамика повышения показателя массы тела отмечалось у телят, получавших Ветом 1.2.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хэ А. А. Влияние пробиотика «Велес 6.59» на иммуно-биохимический статус новорождённых телят: дис. ... канд. вет. наук. – Барнаул, 2013. – 155 с.
2. Забровская А. В. Чувствительность к антимикробным препаратам микроорганизмов, выделенных от сельскохозяйственных животных и из продукции животноводства // Farm Animals. – 2013. – № 1. – С. 73–78.
3. Кетоз коров и телят: учебное пособие / А. В. Требухов, А. А. Эленшлегер, С. П. Ковалев [и др.]. – СПб.: Лань, 2022. – 132 с.
4. Пробиотики – альтернатива кормовым антибиотикам / Ю. Г. Афанасьева, Е. Р. Корбмахер, Е.В. Колодина [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (220). – С. 65–72.

5. Николаева О. Н. Иммуномодулирующий потенциал пробиотиков // Ветеринарный врач. – 2023. – № 3. – С. 44–54.
6. Афанасьев В. А. Терапевтическая эффективность пробиотика «Ветом 2» в период реабилитации телят после применения антибиотиков при диспепсии: дис. ... канд. вет. наук. – Барнаул, 2018. – С. 129.
7. Пузевич Е. Пробиотики и антибиотики – не вместе, а вместо // Эффективное животноводство. – 2021. – № 2 (168). – С. 28–41.
8. Савустьяненко А. В. Механизмы действия пробиотиков на основе *Bacillus subtilis* // Актуальная инфектология. – 2016. – № 2 (11). – С. 35–44.
9. Требухов А. В., Утц С. А. Иммунологический статус крови и молока у коров после применения пробиотика // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2 (58). – С. 135–140.
10. Утц С. А., Требухов А. В. Влияние пробиотика Ветом 1.2 на иммунологический статус новорождённых телят // От модернизации к опережающему развитию: обеспечение конкурентоспособности и научного лидерства АПК. Актуальные проблемы ветеринарной медицины: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 24–25 марта 2022 г. – Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2022. – С. 127–129.
11. Влияние пробиотического препарата Ветом 1 на гематологические и биохимические показатели телят чёрно-пёстрой породы в ЗАО «Мышланское» Сузунского района Новосибирской области / Г. А. Ноздрин, О. В. Лагода, Н. А. Готовчиков [и др.] // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, студентов, магистрантов и аспирантов Новосибирского ГАУ. Новосибирск, 16–17 октября 2017 г. Вып. 2. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2017. – С. 185–187.
12. Методы ветеринарной клинической диагностики: справочник / И. П. Кондрахин, [и др.]; под общ. ред. И. П. Кондрахина. – М.: КолосС, 2004. – 520 с.

## REFERENCES

1. Хе` А.А. *Vliyanie probiotika "Veles 6.59" na immuno-bioximicheskij status novorozhdyonny`x telyat* (Effect of probiotic "Veles 6.59" on the immuno-biochemical status of newborn calves), Dissertation of Candidate of Veterinary Sciences, Barnaul, 2013, 155 p. (In Russ.)
2. Zabrovskaya A.V. *Farm Animals*, 2013, No. 1, pp. 73–78. (In Russ.)
3. Trebuxov A.V., E`lenshleger A.A., Kovalev S.P., Denisenko V.N., Shherbakov G.G., Yashin A.V., *Ketoz korov i telyat* (Ketosis of cows and calves), Saint Petersburg: Lan`, 2022, 132 p.
4. Afanas`eva Yu.G., Korbmaxer E.R., Kolodina E.V., Limanskij V.V., Pushkarev V.A., Funka I.A., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023, No. 2 (220), pp. 65–72. (In Russ.)
5. Nikolaeva O.N. *Veterinarny`j vrach*, 2023, No. 3, pp. 44–54. (In Russ.)
6. Afanas`ev V.A. *Terapevticheskaya e`ffektivnost` probiotika "Vetom 2" v period reabilitacii telyat posle primeneniya antibiotikov pri dispepsii* (Therapeutic efficacy of probiotic "Vetom 2" during rehabilitation of calves after antibiotics for dyspepsia), Barnaul, 2018, P. 129. (In Russ.)
7. Puzevich E. *E`ffektivnoe zhivotnovodstvo*, 2021, No. 2 (168), pp. 28–41. (In Russ.)
8. Savust`yanenko A.V. *Aktual`naya infektologiya*, 2016, No. 2 (11), pp. 35–44. (In Russ.)
9. Trebuxov A.V., Utcz S.A., *Vestnik Ul`yanovskoj gosudarstvennoj sel`skoxozyajstvennoj akademii*, 2022, No. 2 (58), pp. 135–140. (In Russ.)
10. Utcz S. A., Trebuxov A.V., *Ot modernizacii k operezhayushhemu razvitiyu: obespechenie konkurentosposobnosti i nauchnogo liderstva APK. Aktual`ny`e problemy` veterinarnoj mediciny`* (From modernization to advanced development: ensuring competitiveness and scientific leadership of the agroindustrial complex. Actual problems of veterinary medicine), Collection of articles of the International Scientific-Practical Conference Yekaterinburg, March 24-25, 2022, Yekaterinburg: Ural`skij GAU, 2022, pp. 127–129. (In Russ.)
11. Nozdryn G.A., Lagoda O.V., Gotovchikov N.A. [i dr.], *Aktual`ny`e problemy` agropromy`shlennogo kompleksa* (Actual problems of agroindustrial complex), Proceedings of the Scientific and Practical Conference of teachers, students, undergraduates and graduate students of Novosibirsk GAU, Novosibirsk, October 16-17, 2017, Vyp. 2, Novosibirsk: ICz NGAU Zolotoj kolos, 2017, pp. 185–187. (In Russ.)
12. Kondraxin I.P. [i dr.] *Metody` veterinarnoj klinicheskoy diagnostiki* (Methods of veterinary clinical diagnosis), spravochnik, Moscow: KolosS, 2004, 520 p.



**ТЕХНОЛОГИИ СОДЕРЖАНИЯ, КОРМЛЕНИЯ И  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЕТЕРИНАРНОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ  
В ПРОДУКТИВНОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

**TECHNOLOGIES FOR KEEPING, FEEDING AND  
ENSURING VETERINARY WELL-BEING IN  
PRODUCTIVE LIVESTOCK**

УДК 636.222.6

DOI:10.31677/2311-0651-2024-46-4-49-59

**ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ СТАДА БЫЧКОВ ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ**

<sup>1</sup>А.С. Дуров, кандидат сельскохозяйственных наук

<sup>2,3</sup>В.А. Плешаков, кандидат сельскохозяйственных наук

<sup>1</sup>В.А. Солошенко, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

<sup>1</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН

<sup>2</sup>ООО «МяСПлеМ Алтай»

<sup>3</sup>АО Племпредприятие «Барнаульское»

E-mail: animal@sfsc.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, герефордская порода, быки, разведение, селекция, генеалогическая структура, линия, тип, живая масса, среднесуточный прирост.

**Реферат.** В условиях Алтайского края, в рамках деятельности по разведению и селекции крупного рогатого скота герефордской породы, завезенной в 1960 г., проведена оценка бычков по собственной продуктивности; быков-производителей по качеству потомства; линий; селекционных групп. При формировании групп установлено, что бычки первой селекционной группы проявляют высокие продуктивные качества. Изучение коэффициентов корреляции признаков позволяет выявить сильную связь между живой массой и среднесуточным приростом ( $r = 0,89$ ), а также индексом  $A$  ( $r = 0,95$ ). Сравнительная оценка производителей по качеству потомства свидетельствует, что быки Дантес 71103, Джек 10379602602, Дубай 51007, Техас 53005, Уголёк 89005, Фундук Э 61043 являются улучшателями и селекционный индекс  $A$  у их сыновей составляет 102–105. При оценке генеалогической структуры лучшие показатели селекционного индекса  $A$  в пределах 102–105 имеют бычки, относящиеся к линиям J-Bar-Universe C02912439, Джека 10379602602, Super Duty C0281216, Tortuga C02897246, Dan Hidalgo C02923622. Также в исследуемой популяции сила влияния линии и быка-производителя на изменчивость признаков у потомства носит сопоставимый характер, а низкие значения коэффициента наследуемости говорят о невысоком уровне влияния генотипа отцов на изменчивость признаков у потомства, что свидетельствует о консолидации и однородности стада. Самые высокие коэффициенты наследуемости отмечены по живой массе в 15 месяцев, оценке мясных качеств ( $h^2 = 23,80–54,08\%$ ). Популяция скота герефордской породы обладает высоким селекционным потенциалом в аспекте оценки генофонда и фенофонда животных, а для повышения генетической изменчивости необходимо организовать подбор неродственных животных.

**EVALUATION OF HEREFORD BULL HERD STRUCTURE**

<sup>1</sup>A.S. Durov, PhD in Agricultural Sciences

<sup>2,3</sup>V.A. Pleshakov, PhD in Agricultural Sciences

<sup>1</sup>V.A. Soloshenko, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of RAS



<sup>1</sup>Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies RAS

<sup>2</sup>OJSC "MyaSPleM Altai"

<sup>3</sup>JSC Barnaulskoye Plempredpriyatie

The authors declare no conflict of interest.

**Keywords:** cattle, Hereford breed, bulls, breeding, selection, genealogical structure, line, type, live weight, average daily gain.

**Abstract.** *In the conditions of Altai region, within the framework of the activity on breeding and selection of Hereford cattle, imported in 1960, the evaluation of bulls on their own productivity; bulls-producers on the quality of offspring; lines; breeding groups has been carried out. At formation of groups it was established that bulls of the first selection group show high productive qualities. The study of correlation coefficients of traits allows to reveal a strong relationship between live weight and average daily gain ( $r = 0,89$ ), as well as index A ( $r = 0,95$ ). The comparative evaluation of sires on the quality of progeny shows that bulls Dantes 71103, Jack 10379602602, Dubai 51007, Texas 53005, Ugolyok 89005, Funduk E 61043 are improving sires and selection index A in their sons is 102-105. At estimation of genealogical structure the best indexes of selection index A within 102-105 have bulls belonging to lines J-Bar-Universe C02912439, Jack 10379602602, Super Duty C0281216, Tortuga C02897246, Dan Hidalgo C02923622. Also in the studied population the strength of influence of the line and the bull-producer on the variability of traits in the offspring is comparable, and low values of the inheritance coefficient indicate a low level of influence of the fathers' genotype on the variability of traits in the offspring, which indicates consolidation and homogeneity of the herd. The highest inheritance coefficients were observed for live weight at 15 months and meat qualities ( $h^2 = 23,80-54,08\%$ ). The population of Hereford cattle has a high selection potential in the aspect of evaluation of gene pool and phenofund of animals, and to increase genetic variability it is necessary to organize selection of unrelated animals.*

Динамика развития отрасли мясного скотоводства России позволяет на долгосрочной основе существенно наращивать объемы производства высококачественной говядины с учётом потребности внутреннего рынка. Это даёт импульс к созданию новых рабочих мест, а в социальном аспекте послужит одним из существенных стимулов развития сельских территорий, где проживают свыше 38 млн человек, или 27 % населения страны [1].

Разнообразие генетических ресурсов герефордской породы позволяет наладить эффективное ведение племенной работы при чистопородном разведении и добиваться хороших результатов при межпородном скрещивании [2].

Сравнение животных разных экотипов позволяет выявить важные внутripородные различия при оценке по собственной продуктивности и по качеству потомства. Анализ особенностей роста бычков герефордской породы разных эколого-генетических групп показал, что оценённые животные отражали общие закономерности онтогенеза [3, 4].

С точки зрения практической работы, наиболее желательными являются животные из селекционных групп с крепкой конституцией, так как они достигают высоких показателей живой массы и других хозяйственно-полезных признаков [5].

При анализе динамики развития продуктивных признаков крупного рогатого скота, принадлежащего разным конституциональным типам или селекционным группам, установлены общие закономерности, не зависящие от принадлежности к той или иной группе животных. Следует отметить, что оценка коров по выраженности типа телосложения позволяет более точно выявлять фенотип коров и повысить эффективность отбора. Использование данного подхода в мясном скотоводстве может способствовать созданию массива животных с высокой живой массой и молочностью [6–8].

Ассоциация генетических маркеров с экстерьерными и продуктивными признаками может использоваться в селекционно-племенной работе для более надежной оценки и отбора по племенной ценности животных [9].

Значительный интерес представляют исследования по оценке линий герефордской породы. Существуют два подхода группировки животных для такого анализа: первый – группировка по линейной принадлежности отцов, второй – по линейной принадлежности матерей [10].

Оценка генеалогической структуры стада с использованием важнейших селекционных признаков, включая мясные качества животных, позволяет выделить эффективные генотипы в стадах герефордской породы. Рекомендуются обратить особое внимание на быков-производителей перспективных линий и проводить подбор коров с наивысшими комплексными классами [11–15].

Разведение и совершенствование герефордской породы в России обусловлено увеличением численности племенного поголовья, укреплении племенной базы при использовании лучших зарубежных и отечественных генотипов, увеличением потребления говядины от мясного скота как полезного и важного продукта питания [16].

Целью исследования является анализ фенотипа животных при формировании селекционных групп и оценка генотипической структуры стада племенных бычков при совершенствовании массива герефордской породы, разводимой в условиях Алтайского края. Это позволит выделить наиболее эффективных животных – улучшателей для стад региона.

Исследования проведены в племенном хозяйстве ООО «Фарм» Алтайского края, занимающемся разведением и селекцией крупного рогатого скота герефордской, казахской белоголовой и абердин-ангусской пород.

Для анализа использованы показатели хозяйственно-полезных признаков 140 бычков герефордской породы: живая масса в 8 и 15 месяцев, среднесуточный прирост, оценка мясных качеств, селекционные индексы А по методике Л.П. Прахова, И.В. Лушников, Д.Г. Савиной и др. [17].

Проведена оценка быков-производителей по качеству потомства, анализ генеалогических линий герефордской породы по продуктивным качествам бычков-сыновей от рождения до 15 месяцев. Сравнение линий проводили по отношению к средней величине по стаду и стандарту породы. Межлинейные различия установлены в анализируемом массиве данных.

При анализе состояния фенотипа герефордской породы критерием выделения селекционных групп животных принята живая масса бычков в 8 и 15 месяцев, а также комплексный индекс А. За основу определения параметров отбора взяты средние значения признаков и их стандартное отклонение [18, 19]. В первую группу входят животные, удовлетворяющие границе отбора:  $X \geq \bar{X} + \sigma$ ; во вторую группу:  $\bar{X} + \sigma > X \geq \bar{X} - \sigma$ ; к третьей группе относят животных с минимальными значениями оцениваемого признака:  $X < \bar{X} - \sigma$ , где  $X$  – значение ранжируемого признака у животных,  $\bar{X}$  – среднее значение признака в популяции,  $\sigma$  – стандартное отклонение.

Достоверность разницы выявлена как между животными оцениваемой группы и остальной популяцией, так и попарно между животными разных групп. Результаты исследований обработаны с использованием вариационной статистики по общепринятой методике [20, 21].

Для оценки селекционных групп были рассчитаны параметры отбора (табл. 1–3). Так, требования для ранжирования животных в селекционные группы по живой массе в 8 и 15 месяцев соответствуют значениям класса элита-рекорд. Данный факт свидетельствует об актуальности вычисления параметров отбора. По индексу А параметры отбора в первую группу соответствуют критериям животных-улучшателей, а критерии третьей группы характерны для животных-ухудшателей.

При ранжировании животных по живой массе в 8 месяцев их живая масса в возрасте 15 месяцев составляет от 472 до 594 кг и превосходит требования класса элита-рекорд на 9,9–38,0 %, комплексный индекс животных первой группы отвечает критериям бычков-улучшателей (индекс А = 109 %), второй и третьей групп – ухудшателей (94–98 %),  $P = 0,95–0,999$  (табл. 1).

Таблица 1

**Результаты оценки селекционных групп бычков, ранжированных по живой массе в 8 месяцев**  
**Results of evaluation of breeding groups of steers ranked by live weight at 8 months of age**

| Показатель                                           | Селекционная группа |                 |                   | Уровень вероятности<br>разницы |                  |                  |
|------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|------------------|------------------|
|                                                      | 1                   | 2               | 3                 | P <sub>1-2</sub>               | P <sub>1-3</sub> | P <sub>2-3</sub> |
|                                                      | n = 24              | n = 96          | n = 20            |                                |                  |                  |
| Параметры отбора по живой массе в 8 мес., кг         | от 316              | 260–316         | менее 260         | –                              | –                | –                |
| Живая масса в 8 мес., кг                             | 333,88 ± 2,33***    | 284,69 ± 5,25   | 249,50 ± 1,79***  | 0,999                          | 0,999            | 0,999            |
| Живая масса в 15 мес., кг                            | 594,04 ± 5,20***    | 513,08 ± 9,51   | 472,60 ± 11,85*** | 0,999                          | 0,999            | 0,950            |
| Относительный прирост живой массы от 8 до 15 мес., % | 177,96 ± 1,20       | 180,23 ± 1,37   | 189,97 ± 5,71     | н. д.                          | 0,950            | н. д.            |
| Среднесуточный прирост 8–15 мес., г                  | 1218,58 ± 19,34***  | 1069,77 ± 24,19 | 1044,96 ± 60,06   | 0,999                          | 0,950            | н. д.            |
| Оценка мясных качеств, балл                          | 59,25 ± 0,23***     | 57,38 ± 0,32    | 56,20 ± 0,71      | 0,950                          | 0,999            | н. д.            |
| Комплексный селекционный индекс А                    | 109,53 ± 0,98***    | 98,72 ± 1,43    | 94,70 ± 2,82*     | 0,999                          | 0,999            | н. д.            |

*Примечание.* Здесь и далее достоверность разницы между животными оцениваемой группы и оставшейся выборкой обозначена как \*P ≥ 0,95; \*\*P ≥ 0,99; \*\*\*P ≥ 0,999; в столбцах «Уровень вероятности разницы» приведена попарная достоверность разницы между группами в диапазоне 0,950–0,999, обозначение «н. д.» читать как «недостоверный».

Сравнительная оценка вариантов формирования селекционных групп бычков герефордской породы, ранжированных по живой массе в 15 месяцев с учётом рассчитанных параметров отбора, позволяет отметить достоверные отличия по живой массе в 8 и 15 месяцев, среднесуточному приросту, комплексном индексу А (P ≥ 0,950–0,999). Живая масса бычков оцениваемых групп превосходит требования класса элита-рекорд на 40,4 %, 20,1 %, 1,3 % соответственно, комплексный индекс бычков первой селекционной группы характерен для бычков-улучшателей – 113,56 %, третьей – ухудшателей – 84,69 % (табл. 2).

Таблица 2

**Результаты оценки селекционных групп бычков, ранжированных по живой массе в 15 месяцев**  
**Results of evaluation of breeding groups of steers ranked by live weight at 15 months of age**

| Показатель                                    | Селекционная группа |               |                  | Уровень вероятности<br>разницы |                  |                  |
|-----------------------------------------------|---------------------|---------------|------------------|--------------------------------|------------------|------------------|
|                                               | 1                   | 2             | 3                | P <sub>1-2</sub>               | P <sub>1-3</sub> | P <sub>2-3</sub> |
|                                               | n = 26              | n = 94        | n = 20           |                                |                  |                  |
| 1                                             | 2                   | 3             | 4                | 5                              | 6                | 7                |
| Параметры отбора по живой массе в 15 мес., кг | от 578              | 464–578       | менее 464        | –                              | –                | –                |
| Живая масса в 8 мес., кг                      | 321,04 ± 5,30***    | 283,57 ± 4,46 | 266,50 ± 3,51*** | 0,999                          | 0,999            | 0,950            |
| Живая масса в 15 мес., кг                     | 603,85 ± 3,68***    | 516,55 ± 9,65 | 435,45 ± 6,14*** | 0,999                          | 0,999            | 0,999            |

Окончание табл. 2

| 1                                                    | 2                  | 3               | 4                 | 5     | 6     | 7     |
|------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|-------|-------|-------|
| Относительный прирост живой массы от 8 до 15 мес., % | 189,60 ± 3,80*     | 182,62 ± 1,34   | 163,86 ± 2,93***  | н. д. | 0,999 | 0,999 |
| Среднесуточный прирост 8–15 мес., г                  | 1324,63 ± 28,08*** | 1091,24 ± 26,89 | 791,33 ± 31,12*** | 0,999 | 0,999 | 0,999 |
| Оценка мясных качеств, балл                          | 59,54 ± 0,20***    | 57,21 ± 0,35    | 56,40 ± 0,72      | 0,999 | 0,999 | н. д. |
| Комплексный селекционный индекс А                    | 113,56 ± 1,03***   | 99,51 ± 1,57    | 84,69 ± 1,40***   | 0,999 | 0,999 | 0,999 |

Таблица 3

Результаты оценки селекционных групп бычков, ранжированных по комплексному индексу  
Results of evaluation of breeding groups of steers ranked by complex index

| Показатель                                           | Селекционная группа |                 |                   | Уровень вероятности разницы |                  |                  |
|------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|------------------|------------------|
|                                                      | 1                   | 2               | 3                 | P <sub>1-2</sub>            | P <sub>1-3</sub> | P <sub>2-3</sub> |
|                                                      | n = 23              | n = 99          | n = 18            |                             |                  |                  |
| Параметры отбора по комплексному индексу, %          | от 110              | 89–110          | менее 89          | —                           | —                | —                |
| Живая масса в 8 мес., кг                             | 310,91 ± 6,50**     | 285,92 ± 3,56   | 270,89 ± 3,87***  | 0,990                       | 0,999            | 0,950            |
| Живая масса в 15 мес., кг                            | 602,48 ± 5,06***    | 517,76 ± 9,34   | 436,11 ± 7,25***  | 0,999                       | 0,999            | 0,999            |
| Относительный прирост живой массы от 8 до 15 мес., % | 195,45 ± 3,93**     | 181,55 ± 1,72   | 161,32 ± 2,84***  | 0,990                       | 0,999            | 0,999            |
| Среднесуточный прирост 8–15 мес., г                  | 1365,65 ± 25,76***  | 1085,89 ± 30,17 | 773,87 ± 32,05*** | 0,999                       | 0,999            | 0,999            |
| Оценка мясных качеств, балл                          | 59,57 ± 0,21***     | 57,52 ± 0,31    | 55,00 ± 0,74*     | 0,999                       | 0,999            | 0,950            |
| Комплексный селекционный индекс А                    | 114,74 ± 0,95***    | 99,60 ± 1,62    | 83,39 ± 1,31***   | 0,999                       | 0,999            | 0,999            |

Изучение особенностей формирования селекционных групп бычков по комплексному индексу А показывает актуальность подхода по выделению групп по уровню продуктивности (табл. 3). Наблюдаются достоверные различия между селекционными группами по живой массе, относительному и среднесуточному приросту, оценке мясных качеств, комплексному индексу А. Животные всех селекционных групп соответствуют требованиям класса элита-рекорд по живой массе в 8 и 15 месяцев. Высокие показатели продуктивности всех селекционных групп дают основание предположить, что, возможно, назрела необходимость разработки региональных стандартов для бонитировки мясного скота.

Изучение разных вариантов формирования селекционных групп позволяет сделать предположение о фенотипической закономерности в результатах данного процесса. Следует обратить внимание на сходство признаков бычков селекционных групп при разделении их по живой массе в 15 месяцев и комплексному индексу А. Независимо от того, какой ранжируемый признак принят за базовый, бычки первой группы лидируют по ключевым селекционным



признакам. Изучение продуктивности бычков, выделенных в лидирующую группу по живой массе в 8 месяцев, и показателей в момент итоговой оценки в 15 месяцев выявило наличие сильной зависимости результатов выращивания телят до отъёма с продуктивностью в старшем возрасте. Таким образом, имеется теоретическое и практическое основание для вычисления параметров отбора и разделения животных на селекционные группы.

Таблица 4

**Коэффициенты корреляции основных признаков (n = 140)**  
**Correlation coefficients of the main features (n = 140)**

| Показатель                                        | Живая масса в 15 мес. | Относительный прирост живой массы от 8 до 15 мес. | Среднесуточный прирост в 8–15 мес. | Оценка мясных качеств | Комплексный селекционный индекс А |
|---------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Живая масса в 8 мес.                              | 0,72***               | –0,22*                                            | 0,32**                             | 0,32***               | 0,50***                           |
| Живая масса в 15 мес.                             | 1,00                  | 0,51***                                           | 0,89***                            | 0,40***               | 0,95***                           |
| Относительный прирост живой массы от 8 до 15 мес. | –                     | 1,00                                              | 0,85***                            | 0,17*                 | 0,72***                           |
| Среднесуточный прирост в 8–15 мес.                | –                     | –                                                 | 1,00                               | 0,34***               | 0,97***                           |
| Оценка мясных качеств                             | –                     | –                                                 | –                                  | 1,00                  | 0,50***                           |

Анализ коэффициентов корреляции показывает, что наиболее выраженная связь отмечена между живой массой в 15 месяцев и среднесуточным приростом, индексом А. Живая масса в 8 месяцев имеет средний уровень коэффициента повторяемости с живой массой в 15 месяцев и такую же зависимость с комплексным индексом А. Данный факт в совокупности с анализом вариантов формирования селекционных групп может служить обоснованием для предварительной оценки бычков в 8 месяцев, которая в последующем может стать более ранним вариантом оценки и выбраковки племенных животных (табл. 4).

Результаты оценки быков-производителей по качеству потомства показывают, что сыновья Градуса Э 90003, Танцора 50011 достоверно уступают сверстникам по живой массе, среднесуточному приросту, оценке мясных форм, комплексному индексу А. Быки-производители Дантес 71103, Джек 103719602602, Дубай 51007, Техас 53005, Уголёк 89005, Фундук Э 61043 по комплексному индексу сыновей соответствуют критериям улучшателей (табл. 5).

По результатам оценки линий быков герефордской породы установлено, что животные, принадлежащие линиям Timeline C02930348, Glenlees Rigid 23 C02851796, достоверно уступают сверстникам по живой массе, среднесуточному и относительному приросту, оценке мясных форм и комплексному индексу; животные, относящиеся к линиям Sleep Easy C02909655, J-Bar-Universe, Dan Hidalgo, превосходят сверстников по живой массе, приросту, оценке мясных форм. Быки, принадлежащие линиям J-Bar-Universe C02912439, Джека 103719602602, Super Duty C02881216, Tortuga PC02897246, Dan Hidalgo C02923622, лидируют по комплексному индексу А. Таким образом, быков лучших линий следует шире использовать в стадах хозяйств региона для улучшения племенных качеств крупного рогатого скота герефордской породы. Линии, чьи быки имеют комплексный индекс А ниже 99 %, нуждаются в селекционном улучшении через отбор эффективных продолжателей (табл. 6).

Таблица 5

Оценка быков-производителей по качеству потомства  
Evaluation of breeding bulls by progeny quality

| Кличка отца                 | Живая масса, кг |                 | Относительный прирост живой массы от 8 до 15 мес., % | Среднесуточный прирост с 8 до 15 мес., г | Оценка мясных качеств, балл | Комплексный селекционный индекс А |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
|                             | 8 мес.          | 15 мес.         |                                                      |                                          |                             |                                   |
| Голд Спайс 198930827, n = 9 | 294,11 ± 11,62  | 524,78 ± 26,27  | 178,26 ± 5,35                                        | 1080,41 ± 83,47                          | 56,67 ± 1,09                | 99,38 ± 4,73                      |
| Голиаф 7005, n = 14         | 292,71 ± 7,48   | 516,36 ± 12,61  | 176,67 ± 2,46                                        | 1047,51 ± 35,70                          | 57,29 ± 0,52                | 98,20 ± 2,01                      |
| Градуc Э 90003, n = 8       | 267,38 ± 9,18*  | 472,00 ± 19,85* | 177,20 ± 7,14                                        | 958,43 ± 80,20                           | 57,25 ± 1,00                | 92,62 ± 3,93                      |
| Дантес 71103, n = 7         | 275,00 ± 11,35  | 531,57 ± 17,43  | 193,94 ± 3,77**                                      | 1201,74 ± 41,86*                         | 56,57 ± 0,97                | 103,47 ± 2,78                     |
| Джек 103719602602, n = 6    | 309,50 ± 14,18  | 555,00 ± 23,94  | 179,72 ± 4,35                                        | 1149,88 ± 61,71                          | 57,67 ± 1,10                | 104,02 ± 3,93                     |
| Дубай 51007, n = 18         | 288,06 ± 6,25   | 536,94 ± 10,13  | 187,63 ± 5,01                                        | 1165,76 ± 45,74                          | 57,33 ± 0,59                | 103,16 ± 2,21                     |
| Рамштайн 8037, n = 12       | 290,42 ± 4,08   | 531,67 ± 13,58  | 183,05 ± 3,78                                        | 1129,98 ± 54,88                          | 56,67 ± 0,76                | 101,34 ± 2,86                     |
| Симба 9021, n = 8           | 292,50 ± 6,62   | 505,50 ± 23,44  | 172,33 ± 5,55                                        | 997,66 ± 6,24                            | 59,00 ± 0,61                | 96,98 ± 4,25                      |
| Страйк 8069, n = 12         | 282,00 ± 7,16   | 507,25 ± 12,57  | 180,12 ± 2,64                                        | 1055,04 ± 34,77                          | 58,67 ± 0,36*               | 98,65 ± 1,74                      |
| Танцор 50011, n = 7         | 275,57 ± 8,81   | 487,14 ± 16,56* | 176,74 ± 1,26*                                       | 990,97 ± 38,01*                          | 55,43 ± 0,88*               | 93,53 ± 2,68*                     |
| Техас 53005, n = 11         | 292,91 ± 8,85   | 541,73 ± 15,05  | 185,39 ± 3,09                                        | 1165,42 ± 40,09                          | 55,82 ± 0,87                | 102,57 ± 2,51                     |
| Уголёк 89005, n = 8         | 294,63 ± 11,37  | 545,13 ± 24,35  | 185,41 ± 6,18                                        | 1173,30 ± 85,40                          | 59,50 ± 0,47**              | 105,16 ± 4,02                     |
| Умник 8031, n = 14          | 280,29 ± 4,15   | 501,00 ± 13,55  | 178,87 ± 4,32                                        | 1033,79 ± 57,59                          | 58,71 ± 0,52                | 97,63 ± 2,46                      |
| Фундук Э 61043, n = 6       | 306,83 ± 9,07*  | 544,33 ± 19,38  | 177,27 ± 2,03                                        | 1112,41 ± 52,26                          | 59,00 ± 0,41*               | 102,96 ± 2,65                     |
| По выборке, n = 140         | 288,09 ± 2,34   | 521,18 ± 4,83   | 181,23 ± 1,29                                        | 1091,74 ± 16,60                          | 57,53 ± 0,22                | 100,00 ± 0,85                     |

Таблица 6

Оценка линий быков-производителей герефордской породы  
Evaluation of Hereford bull breeding lines

| Линия                           | Живая масса, кг |                 | Относительный прирост живой массы от 8 до 15 мес., % | Среднесуточный прирост с 8 до 15 мес., г | Оценка мясных качеств, балл | Комплексный селекционный индекс А |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
|                                 | 8 мес.          | 15 мес.         |                                                      |                                          |                             |                                   |
| Sleep Easy C02909655, n = 20    | 286,20 ± 5,18   | 506,55 ± 12,04  | 177,01 ± 2,86                                        | 1032,08 ± 40,80                          | 58,80 ± 0,33*               | 97,98 ± 2,00                      |
| Remitall Keynote 20x, n = 20    | 296,95 ± 6,08   | 524,75 ± 10,95  | 176,85 ± 1,83*                                       | 1066,98 ± 30,24                          | 57,80 ± 0,42                | 99,63 ± 1,69                      |
| Ultimate P3005699, n = 14       | 280,29 ± 4,15   | 501,00 ± 13,55  | 178,87 ± 4,32                                        | 1033,79 ± 57,59                          | 58,71 ± 0,52                | 97,63 ± 2,46                      |
| Timeline C02930348, n = 7       | 275,57 ± 8,81   | 487,14 ± 16,56* | 176,74 ± 1,26*                                       | 990,97 ± 38,01*                          | 55,43 ± 0,88*               | 93,53 ± 2,68*                     |
| J-Bar-Universe C02912439, n = 8 | 294,63 ± 11,37  | 545,13 ± 24,35  | 185,41 ± 6,18                                        | 1173,30 ± 85,40                          | 59,50 ± 0,47**              | 105,16 ± 4,02                     |
| Джек 103719602602, n = 6        | 309,50 ± 14,18  | 555,00 ± 23,94  | 179,72 ± 4,35                                        | 1149,88 ± 61,71                          | 57,67 ± 1,10                | 104,02 ± 3,93                     |
| Super Duty C02881216, n = 18    | 288,06 ± 6,25   | 536,94 ± 10,13  | 187,63 ± 5,01                                        | 1165,76 ± 45,74                          | 57,33 ± 0,59                | 103,16 ± 2,21                     |
| Tortuga PC02897246, n = 11      | 292,91 ± 8,85   | 541,73 ± 15,05  | 185,39 ± 3,09                                        | 1165,42 ± 40,09                          | 55,82 ± 0,87                | 102,57 ± 2,51                     |
| Rib EYE C02910420, n = 12       | 290,42 ± 4,08   | 531,67 ± 13,58  | 183,05 ± 3,78                                        | 1129,98 ± 54,88                          | 56,67 ± 0,76                | 101,34 ± 2,86                     |
| Glenlees Rigid C02851796, n = 8 | 267,38 ± 9,18*  | 472,00 ± 19,85* | 177,20 ± 7,14                                        | 958,43 ± 80,20                           | 57,25 ± 1,00                | 92,62 ± 3,93                      |
| Dan Hidalgo C02923622, n = 7    | 275,00 ± 11,35  | 531,57 ± 17,43  | 193,94 ± 3,77**                                      | 1201,74 ± 41,86*                         | 56,57 ± 0,97                | 103,47 ± 2,78                     |
| По выборке, n = 140             | 288,09 ± 2,34   | 521,18 ± 4,83   | 181,23 ± 1,29                                        | 1091,74 ± 16,60                          | 57,53 ± 0,22                | 100,00 ± 0,85                     |

Результаты однофакторного дисперсионного анализа показывают, что сила влияния линии и быка-производителя на изменчивость признаков у потомства носит сопоставимый характер, а низкие значения коэффициента наследуемости говорят о невысоком уровне влияния генотипа отцов на изменчивость признаков у потомства, что свидетельствует о консолидации и однородности стада. Для дальнейшего селекционного улучшения популяции герефордской породы рекомендуется гомогенный подбор по принципу «лучшее с лучшим», а для повышения генетической изменчивости необходимо организовать подбор неродственных животных (табл. 7).

Таблица 7

Результаты однофакторного дисперсионного анализа, %  
Results of one-factor analysis of variance, %

| Показатель                                        | Сила влияния |       | h <sup>2</sup> |
|---------------------------------------------------|--------------|-------|----------------|
|                                                   | линии        | быка  |                |
| Живая масса в 8 мес.                              | 4,01         | 3,99  | 15,96          |
| Живая масса в 15 мес.                             | 6,55         | 5,95  | 23,80          |
| Относительный прирост живой массы от 8 до 15 мес. | 3,24         | 2,70  | 10,80          |
| Среднесуточный прирост 8–15 мес.                  | 5,76         | 4,98  | 19,92          |
| Оценка мясных качеств                             | 12,98        | 13,52 | 54,08          |
| Комплексный селекционный индекс А                 | 3,90         | 3,22  | 12,88          |

На основании проведённого исследования можно сделать ряд выводов.

1. Анализ выделения селекционных групп бычков герефордской породы показывает, что животные, относящиеся к первой группе, с самым высоким развитием ранжируемого признака, лидируют по большинству оцениваемых показателей.

2. По результатам испытания быков, по качеству потомства по комплексу признаков лидируют потомки Дантеса 71103, Джека, Дубая 51007, Техаса 53005, Уголька 89005, Фундука Э 61043, а также животные, относящиеся к линиям J-Bar-Universe C02912439, Джека 103719602602, Super Duty C02881216, Tortuga PC02897246, Dan Hidalgo C02923622, что является основанием для широкого использования лучших оценённых генотипов в стадах региона при селекции на повышение племенных качеств крупного рогатого скота герефордской породы. Линии, чьи быки достоверно отстают от сверстников по продуктивным признакам, нуждаются в селекционном улучшении через отбор эффективных продолжателей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации: реалии и перспективы* / И.М. Дунин, С.Е. Тяпугин, Р.К. Мещеров [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. – 2020. – № 2. – С. 2–7. – DOI: 10.33943/MMS.2020.40.30.001. – EDN: TPIWMS.
2. *Влияние генетических ресурсов герефордской породы при различных методах разведения для получения высококачественной говядины* / В.К. Пестис, Л.А. Танана, О.В. Вертинская, С.А. Катаева // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2016. – № 3. – С. 73–80. – EDN: WHNGFH.
3. *Герасимов Н.П., Заикина Е.В. Характеристика герефордских бычков разных эколого-генетических групп по весовому и линейному росту* // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – № 4 (32). – С. 147–149. – EDN: PAXSDZ.
4. *Джуламанов К.М., Герасимов Н.П. Оптимизация методов оценки племенной ценности бычков-производителей и молодняка* // Вестник мясного скотоводства. – 2011. – Т. 4, № 64. – С. 54–59. – EDN: ONSSAL.



5. Пустотина Г.Ф. Экстерьерно-конституциональные типы симментальского скота в зоне Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2005. – № 1 (5). – С. 112–113. – EDN: MTEPCR.
6. Перспективы интенсификации племенной работы с герефордской породой / В.И. Колпаков, К.М. Джуламанов, М.П. Дубовскова [и др.] // Вестник мясного скотоводства. – 2016. – № 2 (94). – С. 17–22. – EDN: WAQTVV.
7. Улимбашев М.Б. Типы телосложения голштинского скота в зависимости от удельно-массового коэффициента // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 (51). – С. 69–74. – DOI: 10.31563/1684-7628-2019-51-3-69-74. – EDN: HWUVNS.
8. Кулинцев В.В., Улимбашев М.Б. Продуктивные отличия коров красной степной породы разных типов конституции // АгроЗооТехника. – 2022. – Т. 5, № 4. – DOI: 10.15838/alt.2022.5.4.6. – EDN: TPWQPI.
9. Герасимов Н.П., Джуламанов К.М. Племенная оценка и отбор герефордских бычков для селекции // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. – 2020. – № 1 (58). – С. 39–45. – DOI: 10.34655/bgsha.2020.58.1.006. – EDN: CCCFWF.
10. Бухарова В.Г., Постников Д.Л., Гриценко С.А. Оценка потомства матерей герефордской породы различного линейного происхождения по показателям мясной продуктивности // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 5 (49). – С. 126–129. – EDN: TBRQMT.
11. Карцева И.О. Сравнительная оценка продуктивности бычков герефордской породы разных линий // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1. – С. 121–124. – EDN: VMOBPH.
12. Полковникова В.И. Результаты оценки племенного потенциала быков-производителей герефордской породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (72). – С. 275–277. – EDN: RYVCTV.
13. Янкина О.Л., Ким Н.А., Приходько А.Н. Влияние быков-производителей разных линий на мясные качества потомства // Аграрный вестник Приморья. – 2021. – № 2 (22). – С. 39–43. – EDN: WQJECC.
14. Ким Н.А., Янкина О.Л., Приходько А.Н. Влияние быков-производителей разных линий на мясные качества потомства // Аграрный вестник Приморья. – 2021. – № 3 (23). – С. 36–41. – EDN: KHIJMN.
15. Васильев В.Р., Краснова О.А. Сравнительная оценка роста бычков герефордской породы разных генеалогических линий // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 4 (76). – С. 35–40. – DOI: 10.48012/1817-5457\_2023\_4\_35-40. – EDN: NMKXLU.
16. Дубовскова М.П. Герефордская порода в России: современное состояние и перспективы развития // Молочное и мясное скотоводство. – 2019. – № 3. – С. 23–27. – EDN: DPJCBT.
17. Оценка быков мясных пород по качеству потомства и испытание бычков по интенсивности роста, живой массе, мясным формам: методические рекомендации / Л.П. Прахов, И.В. Лушников, Д.Г. Савина [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 17 с.
18. Филипченко Ю.А. Изменчивость и методы изучения / отв. ред. П.Ф. Рокицкий. – 6-е. изд. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 232 с.
19. Попов Н.А. Генетический мониторинг и селекция признаков в молочном скотоводстве: монография. – М., 2023. – 472 с.
20. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. – М.: Колос, 1969. – 255 с.
21. *Populationgenetik für tierzüchter* / W. Stalh, D. Rasch, R. Šiler, J. Vahal. – Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1969. – 439 p.

## REFERENCES

1. Dunin I.M., Tyapugin S.E., Meshherov R.K. [i dr.], *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2020, No. 2, pp. 2–7, DOI: 10.33943/MMS.2020.40.30.001, EDN: TPIWMS. (In Russ.)
2. Pestis V.K., Tanana L.A., Vertinskaya O.V., Kataeva S.A., *Vesczi Nacyyanal`naj akade`mii navuk Belarusi. Sery`ya agrarny`x navuk*, 2016, No. 3, pp. 73–80, EDN: WHHGFH.
3. Gerasimov N.P., Zaikina E.V., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011, No. 4 (32), pp. 147–149, EDN: PAXSDZ. (In Russ.)

4. Dzhulamanov K.M., Gerasimov N.P., *Vestnik myasnogo skotovodstva*, 2011, Vol. 4, No. 64, pp. 54–59, EDN: ONSSAL. (In Russ.)
5. Pustotina G.F. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2005, No. 1 (5), pp. 112–113, EDN: MTEPCR. (In Russ.)
6. Kolpakov V.I., Dzhulamanov K.M., Dubovskova M.P. [i dr.], *Vestnik myasnogo skotovodstva*, 2016, No. 2 (94), pp. 17–22, EDN: WAQTVV. (In Russ.)
7. Ulimbashev M.B. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 3 (51), pp. 69–74, DOI: 10.31563/1684-7628-2019-51-3-69-74, EDN: HWUVNS. (In Russ.)
8. Kulincev V.V., Ulimbashev M.B., *AgroZooTexnika*, 2022, Vol. 5, No. 4, DOI: 10.15838/alt.2022.5.4.6, EDN: TPWQPJ. (In Russ.)
9. Gerasimov N.P., Dzhulamanov K.M., *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii im. V. R. Filippova*, 2020, No. 1 (58), pp. 39–45, DOI: 10.34655/bgsha.2020.58.1.006, EDN: CCCFWF. (In Russ.)
10. Buxarova V.G., Postnikov D.L., Gricenko S.A., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, No. 5 (49), pp. 126–129, EDN: TBRQMT. (In Russ.)
11. Karceva I.O. *Vestnik molodezhnoj nauki Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, No. 1, pp. 121–124, EDN: VMOBPH. (In Russ.)
12. Polkovnikova V.I. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, No. 4 (72), pp. 275–277, EDN: RYVCTV. (In Russ.)
13. Yankina O.L., Kim N.A., Prikhod'ko A.N., *Agrarnyj vestnik Primor'ya*, 2021, No. 2 (22), pp. 39–43, EDN: WQJECC. (In Russ.)
14. Kim N.A., Yankina O.L., Prikhod'ko A.N., *Agrarnyj vestnik Primor'ya*, 2021, No. 3 (23), pp. 36–41, EDN: KHIJMN. (In Russ.)
15. Vasil'ev V.R., Krasnova O.A., *Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii*, 2023, No. 4 (76), pp. 35–40, DOI: 10.48012/1817-5457\_2023\_4\_35-40, EDN: NMKXLU. (In Russ.)
16. Dubovskova M.P. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*, 2019, No. 3, pp. 23–27, EDN: DPJCBT. (In Russ.)
17. Praxov L.P., Lushnikov I.V., Savina D.G. [i dr.], *Ocenka by'kov myasny'x porod po kachestvu potomstva i ispy'tanie by'chkov po intensivnosti rosta, zhivoj masse, myasny'm formam* (Evaluation of beef bulls for progeny quality and testing of bulls for growth intensity, live weight, meat forms), Moscow: Agropromizdat, 1990, 17 p.
18. Filipchenko Yu.A. *Izmenchivost' i metody izucheniya* (Variability and methods of study), otv. red. P.F. Rokiczkiy, 6-e. izd., Moscow: Knizhnyj dom "LIBROKOM", 2012, 232 p.
19. Popov N.A. *Geneticheskij monitoring i selekciya priznakov v molochnom skotovodstve* (Genetic monitoring and selection of traits in dairy cattle breeding), Moscow, 2023, 472 p.
20. Ploxinskij N.A. *Rukovodstvo po biometrii dlya zootexnikov* (Guide to biometrics for zootechnicians), Moscow: Kolos, 1969, 255 p.
21. Stalh W., Rasch D., Šiler R., Vahal J., *Populationsgenetik für tierzüchter*, Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1969, 439 p.



## ДОСТИЖЕНИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ

## ACHIEVEMENTS OF VETERINARY SCIENCE AND PRACTICES

УДК 578.23

DOI:10.31677/2311-0651-2024-46-4-60-73

### АНАЛИЗ ВАРИАЦИЙ АМИНОКИСЛОТНЫХ ЗАМЕН И МИКРОРНК ИЗОЛЯТОВ ВИРУСА ЛЕЙКОЗА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

<sup>1</sup>Н.В. Блажко, кандидат биологических наук, директор

<sup>2</sup>С.Х. Вышегуров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>2</sup>Ч.А. Нгирандэ, магистрант

<sup>3</sup>А.Т. Плюта, доктор ветеринарных наук, профессор (ассистент)

<sup>3</sup>Я.М. Кузьмак, доктор ветеринарных наук, профессор

<sup>1</sup>Научно-исследовательский центр «Инновации»

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

<sup>3</sup>Государственный ветеринарный институт, г. Пулавы. Польша

E-mail: bnv@nic-innovations.ru

**Ключевые слова:** вирус лейкоза крупного рогатого скота, лейкемия, лимфоцитоз, однонуклеотидные замены, SNP, миссенс-мутации, изоляты вируса лейкоза.

**Реферат.** Был проведен ряд исследований по изучению изолятов вируса лейкоза крупного рогатого скота на территории Новосибирской области. В рамках данных исследований изучены миссенс-мутации, SNP-замены и их влияние на тип течения инфекции. Проанализированы более 700 образцов, из них проведено полногеномное секвенирование 48 образцов. Была выявлена статистически значимая взаимосвязь между полиморфизмом A(+187)C в области последовательности активатора (DAS) в LTR (значение  $p = 0,00737$ ) и высоким уровнем лимфоцитоза. Установлено, что мутация (-4)G в сайте CAP может определять тип течения инфекционного процесса при вирус-индуцированном лейкозе крупного рогатого скота. Установлено, что мутации G(-133)A/C в CRE2 (46,7 %), C(+160)T в DAS (30 %) и A(310)del в BLV-mir-B4-5p, A(357)G в BLV-mir-B4-3p, A(462)G в BLV-mir-B5-5p и GA(497-498)AG в BLV-mir-B5-3p (26,5 %) могут оказывать влияние на тип течения инфекционного процесса при вирус-индуцированном лейкозе крупного рогатого скота. Выявлено несколько полиморфизмов в геномных последовательностях BLV изолятов, которые открывают понимание механизмов реализации вирулентных свойств вируса лейкоза крупного рогатого скота.

### ANALYSIS OF VARIATIONS IN AMINO ACID SUBSTITUTIONS AND MICRORNA ISOLATES OF BOVINE LEUKEMIA VIRUS

<sup>1</sup>N.V. Blazhko, PhD in Biological Sciences, Research Director

<sup>2</sup>S.H. Vyshegurov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

<sup>2</sup>Ch.A. Ngirande, Master's student

<sup>3</sup>A.T. Pluta, Doctor of Veterinary Medicine, Professor (Assistant)

<sup>3</sup>J.M. Kuzmak, Doctor of Veterinary Medicine, Professor

<sup>1</sup>Research center Innovations

<sup>2</sup>Novosibirsk State Agrarian University

<sup>3</sup>State National Veterinary Institute, Pulawy, Poland

**Keywords:** bovine leukemia virus, leukemia, lymphocytosis, single nucleotide substitutions, SNP, missense mutations, leukemia virus isolates.

**Abstracts.** *A number of studies have been carried out to investigate isolates of bovine leukosis virus in the Novosibirsk region. Within the framework of these studies, missense mutations, SNP substitutions and their influence on the type of infection course were studied. More than 700 samples were analyzed, of which full genomic sequencing of 48 samples was performed. A statistically significant relationship was found between the A(+187)C polymorphism in the activator sequence (DAS) region of the LTR ( $p$  value = 0.00737) and a high level of lymphocytosis. It was found that the (-4)G mutation in the CAP site can determine the type of course of the infectious process in virus-induced bovine leukemia. We found that G(-133)A/C mutations in CRE2 (46.7 %), C(+160)T in DAS (30 %) and A(310)del in BLV-mir-B4-5p, A(357)G in BLV-mir-B4-3p, A(462)G in BLV-mir-B5-5p and GA(497-498)AG in BLV-mir-B5-3p (26, 5 %) may influence the type of course of the infectious process in virus-induced bovine leukemia. Several polymorphisms in the genomic sequences of BLV isolates were identified, which open the understanding of the mechanisms of realization of virulent properties of bovine leukosis virus.*

Уже в XIX в. в серии сообщений описывалось появление клинических признаков вирус-индуцированного лейкоза крупного рогатого скота. Одни из первых полученных данных появились в 1871 г. в исследованиях, которые были посвящены изучению образований в селезенке коровы. [13, 20]. Три года спустя Боллинджер описал лейкоз как проявления лимфоцитоза, а в 1876 г. Siedamgrotzky и Hofmeister зафиксировали первые случаи лимфоцитарных злокачественных опухолей у крупного рогатого скота [12]. Таким образом, Европу, а точнее Литву, можно считать страной, в которой впервые выявили вирус [13]. Широкое распространение болезни произошло в результате масштабного импортирования европейского крупного рогатого скота в страны, свободные от данной инфекции. Несмотря на все эти доказательства, этиологический агент EBL был обнаружен только спустя много десятилетий на основании эпидемиологических данных. Наконец возбудитель этого злокачественного заболевания был выделен в виде культуры клеток в 1969 г. и получил название вирус лейкоза крупного рогатого скота (ВЛ КРС) или вирус бычьей лейкемии (BLV).

BLV является онкогенным В-лимфотропным ретровирусом, который инфицирует крупный рогатый скот, вызывая хроническую инфекцию [14, 17]. Подавляющее большинство инфицированных BLV животных (около 70 %) являются бессимптомными носителями вируса. У этих животных не обнаружены ни клинические симптомы, ни изменение общего количества лимфоцитов. Таким образом, их можно идентифицировать только при наличии антител против BLV и/или провирусной ДНК, вирусной РНК. Примерно у одной трети BLV-инфицированных коров развивается доброкачественная поликлональная пролиферация В-клеток, называемая лимфоцитозом (PL). Это клиническое состояние характеризуется увеличением абсолютного числа лимфоцитов, циркулирующих в периферической крови, связанным с инверсией отношения В/Т-лимфоцитов [8, 16]. Несмотря на эти гематологические изменения, у животных с PL не развиваются никакие другие клинические признаки. Лимфоцитоз обычно стабилен в течение нескольких лет, но также может прогрессировать до фазы опухоли [8, 15].

Клиническим проявлением инфекции BLV является развитие лимфоидных опухолей. Фатальная лимфома, или лимфосаркома (ЛС), встречается у менее чем у 5–10 % инфицированных животных, и преимущественно у взрослого крупного рогатого скота старше 4–5 лет [10]. Не всегда инфекция развивается поэтапно, так, в одной трети случаев развитие опухолей происходит без PL [10, 11, 18]. Локальная пролиферация В-клеток, называемая лимфосаркомой, может возникать в разных органах и тканях, приводя к ряду нарушений, которые несовместимы с жизнью животного. Кроме того, инфицированные В-клетки также могут индуцировать



увеличение лимфатических узлов и вызывать лимфому. Кроме всех перечисленных патологий, BLV-инфекция также нарушает нормальное функционирование иммунной системы, что приводит к развитию условно-патогенных инфекций [8].

Вирус лейкоза крупного рогатого скота (ВЛ КРС, BLV) относится к роду *Deltaretrovirus*, семейству ретровирусов (*Retroviridae*) и является этиологическим агентом энзоотического лейкоза крупного рогатого скота. Большинство инфицированных животных остаются бессимптомными носителями вирусной инфекции, однако у трети из них развивается устойчивый лимфоцитоз, а у 5–10% – лимфоидные опухоли [10–20].

Геном BLV, как и геномы всех ретровирусов, состоит из структурных генов *gag*, *pro*, *pol* и *env*. Кроме того, он содержит X-регион, имеющий открытые рамки считывания (ORF) регуляторных белков Tax, Rex, R3, и G4 [4, 6, 7, 9].

BLV-инфекция распространена по всему миру. В последнее десятилетие лейкоз крупного рогатого скота в РФ занимает одно из ведущих мест в инфекционной патологии. Болезнь наносит значительный экономический ущерб из-за нарушения воспроизводства стад, вынужденного уоя и выбраковки высокопродуктивных больных животных, ограничений хозяйственной деятельности (продажи молока, племенного молодняка), а также затрат на оздоровительные мероприятия. Большую тревогу вызывает качество используемой в пищу продукции от больных животных [12].

Плановые мероприятия по серологическому тестированию на лейкоз поголовья крупного рогатого скота показывают, что число неблагополучных пунктов по лейкозу в нашей стране увеличивалось до 2020 г., далее незначительно снизилось [1, 2, 9]. Методы оздоровления стад от лейкоза при недостаточности мер специфической профилактики сводятся к единственному действенному методу – убою больных и инфицированных BLV животных и замене их здоровыми особями. Данные о качестве продукции, получаемой от убойных животных, крайне ограничены и неоднозначны [1].

Важным условием продовольственной безопасности нашей страны является производство достаточных по объему, доброкачественных, экологически безвредных и полноценных продуктов питания животного происхождения [8, 14]. Особого внимания заслуживает оценка молока, а также мяса и других продуктов уоя, получаемых от животных, пораженных различными болезнями, в частности таким заболеванием, как лейкоз, встречающийся во всех субъектах Российской Федерации и многих странах мира.

Основными методами прижизненной диагностики лейкоза являются реакции иммунодиффузии в агаровом геле (РИД), иммуноферментный анализ (ИФА) и полимеразная цепная реакция (ПЦР), которые позволяют выявить животных, инфицированных BLV, до начала развития болезни при отсутствии других признаков [5, 6, 13, 19].

Классические методы контроля стад в отношении инфекции BLV хотя и являются обязательными, однако не дают желаемого эффекта: сроки оздоровления затягиваются из-за случаев скрытого носительства вируса, что значительно повышает актуальность проблемы. По всей вероятности, суть ее кроется в нераскрытых до конца особенностях механизма взаимодействия в системе «вирус – клетка – среда» [4–6].

Многие механизмы взаимодействия «вирус – клетка – среда» хотя и изучаются учеными во всем мире, но остаются не до конца выясненными [1–20].

Так, при экспериментальном инфицировании телят в 50 % случаев BLV элиминируется из организма, в то время как у остальных 50 % животных он вызывает лейкоз, который со временем из гематологической стадии течения (PL-лимфоцитоз) переходит в клиническую [8].

Как упоминалось выше, примерно 60–70 % инфицированного BLV крупного рогатого скота являются бессимптомными носителями – AL<sup>1</sup>. Однако бессимптомный период, продолжительность которого может быть от нескольких месяцев до нескольких лет, заканчивается, и у 30 % инфицированного крупного рогатого скота развивается стойкий лимфоцитоз (ЛП), который более чем в 5 % случаев с течением времени переходит в лимфому, являющуюся одной из летальных форм этого заболевания [15]. Клиническое состояние коров, инфицированных BLV, характеризуется увеличением числа циркулирующих В-лимфоцитов (более 10 000 клеток/мкл в периферической крови). Было обнаружено, что лимфома встречается преимущественно у взрослого крупного рогатого скота от 3 до 5 лет [17].

SBL<sup>2</sup> подразделяется на ювенильную<sup>3</sup>, тимусную и кожную формы в зависимости от возраста и места развития опухоли [8]. Ювенильная форма, встречаемая у молодняка моложе двух лет (обычно в 6 месяцев), проявляется в виде системной лимфомы. Тимусный лейкоз развивается у телят с 6 месяцев до 2 лет и характеризуется увеличением тимуса, сильной лимфопролиферацией ткани. Кожная форма встречалась у крупного рогатого скота в возрасте от 1 года до 3 лет, проявлялась как узелковая лейкемическая инфильтрация кожи. Тем не менее имеются сообщения об атипичных случаях SBL, в частности сочетающих форму, которая проявляется у молодняка, и форму, характерную для взрослого крупного рогатого скота, который является отрицательным относительно BLV-инфекции [11]. Поэтому вопрос о классификации лейкоза крупного рогатого скота остается открытым.

Вирус-индуцированный EBL<sup>4</sup> характеризуется системной В-клеточной лимфомой, тогда как SBL включает опухоли как В-клеток, так и Т-клеток [13]. Происхождение клеток в опухолях определяется иммуногистохимическим анализом, подтверждение экспрессии производится маркерами клеток, а наличие BLV в организме, как правило, диагностируют с применением реакции иммунной диффузии, иммуноферментного анализа или путем обнаружения вирусного (провирусного) генома с помощью ПЦР. Количественные анализы, такие как проточная цитометрия и ПЦР в реальном времени, полезны для количественной оценки уровней экспрессии клеточных маркеров и нагрузок вируса BLV, но эти методы чаще используются в научных целях. Обнаружение моноклональности в пролиферации В-клеток является эффективным способом диагностики В-клеточной лимфомы у крупного рогатого скота [3]. Для оценки количества инфицированных клеток в бляшках Пейера применяют анализ IgH на основе ПЦР [4, 6, 7].

При энзоотической форме развивается контагиозная болезнь с длительным латентным периодом, во время которого можно диагностировать инфекцию по наличию вируса и/или антител. Болезнь характеризуется пролиферацией неопластических элементов, в результате чего образуются опухолевые массы [8].

Хотя EBL не встречается в большинстве европейских стран, данная форма лейкоза распространена во всем мире, в том числе в России. В некоторых докладах зарубежных ученых сообщается о выявлении EBL у телят [12], хотя это нетипично для молодняка. В Японии были обнаружены не только случаи раннего развития EBL, но и его нетипичные проявления, которые ранее не были зарегистрированы. В частности, была обнаружена поликлональная В-клеточная лимфома с высокими провирусными нагрузками и отсутствием лимфоцитоза у коров с EBL.

1 Алейкемия (от греч. а – отриц. част., leukos – белый и paima – кровь), или псевдолейкемия – термин, употребляющийся для обозначения такого рода лейкемических заболеваний, в которых отсутствует симптом лейкемии, т. е. бессимптомное, латентное вирусоносительство.

2 Sporadic bovine leukosis, спорадический лейкоз крупного рогатого скота – поражает молодняк до трех лет.

3 Ювенильный миеломоноцитарный лейкоз – агрессивное миелопролиферативное заболевание, характеризующееся пролиферацией главным образом гранулоцитарного и моноцитарного звеньев.

4 Enzootic bovine leucosis, энзоотический лейкоз крупного рогатого скота – контагиозная болезнь с длительным латентным периодом, во время которого в крови выявляют вирус лейкоза КРС (ВЛКРС) и АТ к нему. В основном встречается у крупных животных, наиболее часто в возрасте 5–8 лет.

Полученные данные позволяют более глубоко понять иммунофенотипические особенности лейкоза крупного рогатого скота, а также механизмы развития опухолей у инфицированных животных [9, 18].

В клетках, инфицированных BLV, длинный терминальный повтор (LTR), вирусный белок Тах и микроРНК способствуют пролиферации вируса и клеток опухоли. Несмотря на важную роль данных последовательностей, мало что известно о генетической вариации последовательности этих частей генома BLV и их влиянии на исход заболевания.

Учитывая актуальность темы, целью наших исследований стало изучение особенностей реализации вирулентных свойств вируса лейкоза крупного рогатого скота у животных-носителей.

Работа проводилась в лаборатории энзимного анализа и ДНК-технологий испытательного лабораторного комплекса Новосибирского государственного аграрного университета, а также в Государственном институте ветеринарии в Пулавах (Польша).

Объектом исследований являлся крупный рогатый скот хозяйств Новосибирской области – 3954 головы, в том числе 780 голов, положительно реагирующих в ПЦР. Порода крупного рогатого скота черно-пестрая голштинизированная разных долей кровности, меньшую часть исследованных животных (28 %) составили чистопородные голштины. В работе использовали ДНК, выделенную из крови коров дойного стада. Предметом исследования являлись пробы крови животных, пробы ДНК, последовательности геномов rBLV. Отбор проб крови осуществляли из подхвостовой вены животных в стерильные одноразовые вакуумные пробирки с ЭДТА. Полученный материал (15–25 мл крови каждой пробы), исследовали с использованием автоматического гематологического анализатора в соответствии с ГОСТ 25382. Гематологические исследования и выделение ДНК производили в день поступления материала в лабораторию. В дальнейшем пробы крови хранили при температуре –20 °С.

Показатели крови определяли при помощи автоматического ветеринарного гематологического анализатора PCE-90 Vet, который производит измерения кондуктометрическим методом или методом Культера. На сегодняшний день это наиболее распространенный метод регистрации клеток крови, основанный на изменении электрического сопротивления при протекании суспензии клеток крови через измерительный капилляр.

Гематологический анализатор позволил произвести подсчет 18 параметров: концентрации тромбоцитов, эритроцитов и лейкоцитов в единице объема, общее содержание гемоглобина, объемы регистрируемых клеток, гематокрит, среднее содержание гемоглобина в эритроците, средняя концентрация гемоглобина в эритроците. Кроме того, была возможность разделить лейкоциты на 3 популяции: лимфоциты, гранулоциты, нейтрофилы.

Гемоглобин подсчитывался традиционным фотометрическим методом.

Выделение ДНК проводилось в ламинаре с использованием разработанного нами метода. На основании полученных данных сформирована заявка на патент «Способ выделения нуклеиновых кислот».

Изобретение относится к молекулярной биологии, вирусологии и медицине, является способом выделения нуклеиновых кислот из крови, ткани и мазков человека и животных. Выделенная данным способом НК может быть использована при постановке полимеразной цепной реакции, а также в практической медицине для диагностики наследственных заболеваний человека, судебной медицине, генной дактилоскопии, диагностике возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных, в том числе заболеваний, передающихся половым путем.

В зависимости от намеченных задач было поставлено несколько групп ПЦР-реакций. Каждая реакция предполагала перед началом работы подобрать олигонуклеотидные прайме-

ры, синтезировать их, адаптировать реакцию по компонентам смеси и температурные режимы реакции, апробировать полученные праймеры в адаптированных условиях.

С целью количественной оценки провирусных нагрузок уровень провирусной ДНК в циркулирующей крови коров определяли с помощью полуколичественной ПЦР. Геномная ДНК была выделена из образцов крови инфицированных животных. Определение провирусной нагрузки производили в два этапа. На первом амплифицировали участок гена *pol* провируса BLV. Количество циклов ПЦР было адаптировано для наиболее качественного сравнения относительного количества провирусных последовательностей в образцах крови. Анализировали результаты реакции с помощью Саузерн-блоттинга. Амплификацию участка гена *GAPDH* (2974 п. н.) использовали в качестве внутреннего контроля целостности хромосомной ДНК. В качестве положительного контроля использовали культуру клеток FLK. Более слабый сигнал был сгенерирован путем амплификации геномной ДНК, выделенной от животных, инфицированных мутантными провирусами. Количественная оценка сигналов гибридизации показала, что мутантные формы вируса IG4, CRX3 и KPP реплицируются при более низких провирусных нагрузках по сравнению с диким типом или GP30. Использовали ПЦР в реальном времени [16], провирусные нагрузки оценивались количеством инфицированных клеток на 1 000 определённых.

Инкубационная смесь объемом 20 мкл содержала 2 мкл 10-кратного буфера и 1 мкл (5 ед.) Taq-полимеразы, 2 мкл раствора dNTP (10 мМ каждого), 1 мкл праймера (AGC)6G (20 пмоль), 2 мкл (0,5–1 мкг) ДНК, 12 мкл деионизованной воды. ПЦР проводили при следующих условиях: начальная денатурация в течение 1 мин. При 94 °C; 35 циклов (30 с при 94 °C, 30 с при 55 °C, 2 мин при 72 °C); финальная элонгация при 72 °C в течение 10 мин. Электрофорез продуктов амплификации проводили в 1 % агарозном геле. В качестве маркеров использовали M25 DNA Ladder и M11 DNA Ladder. На секвенирование были взяты фрагменты ДНК, выделенные из агарозных гелей. Получение библиотеки фрагментов ДНК проводили по протоколу подготовки быстрых библиотек, клональную эмульсионную ПЦР и секвенирование – с использованием наборов реактивов NucleoSpin Extract II kit согласно рекомендациям. Продукты ПЦР 15 образцов очищали с помощью набора NucleoSpin Extract II kit. Очищенные ампликоны были секвенированы на анализаторе 3730xl DNA Analyzer (Applied Biosystems) с использованием Big Dye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit. Данные последовательности были проанализированы и впоследствии выравнены с помощью программного обеспечения Ugene.

В дополнение к 15 последовательностям BLV, представленным в работе, в выравнивание были включены дополнительные общедоступные последовательности, представляющие восемь известных генотипов.

Филогенетические деревья были построены с использованием Байеса с моделью замещения GTR и методом соседнего соединения (NJ) с моделью нуклеотидного замещения Tamura-Nei с надежностью кластеров, оцененной при загрузке 1 000 повторов. Средние нуклеотидные расстояния внутри (внутри генотипа) и среди (межгенотипические) генотипов BLV оценивались путем применения модели Tamura Nei в Ugene.

Усредненная парная идентичность последовательностей составила 97,1 %. Изменения наблюдались в вариантах, полученных из одних стад, а также между стадами и породами. Наиболее частые изменения последовательностей наблюдали в эпитопах T(52)I в домене Zn; и в многофункциональном домене Y(257)C; в эпитопе В-клеточной клетки L(278)I; T(167)I, L(173)P, R(183)K в эпитопе CD8<sup>+</sup> CTL, в домене активации и домене транскрипционной активации в данном эпитопе соответственно. Все последовательности были сгруппированы в пятнадцать вариантов, названных последовательно от Tax\_A до Tax\_O, представляющих различные мутационные шаблоны по отношению к известным функциональным доменам и эпи-



топам. Филогенетический анализ показал, что варианты Tax\_A–K и Tax\_O принадлежат к генотипу 4, а остальные варианты, Tax\_L–N, относятся к генотипу 7.

Для показателей крови крупного рогатого скота разных групп была рассчитана описательная статистика с использованием пакетного анализа данных.

Чувствительность определялась как доля животных с высоким PVL, которые были классифицированы согласно лейкозному ключу, тогда как специфичность определялась как доля животных с неопределяемым/низким PVL, типичным для алейкемической стадии развития инфекции.

Так как соответствие или несоответствие нормальности распределения влияет на выбор статистических методов обработки данных, перед проведением дисперсионного анализа оценивали нормальность распределения выборки для непрерывных переменных или форму вековой функции для дискретных переменных. Результаты представлены в виде эмпирических гистограмм, показывающих, с какой частотой значения переменной попадают в определенные интервалы или принимают определенные значения.

Для выявления и оценки тесноты связи между двумя рядами сопоставляемых количественных показателей, в частности показателей крови и вирусной нагрузки, использовали факторный дисперсионный анализ.

Для качественного описания кластеров применен дискриминантный анализ. Результаты пошагового варианта дискриминантного анализа анализировали, все переменные достигали значимых показателей  $\lambda$  Уилкса. Уровень значимости определяли по критерию Фишера.

Опровержение гипотезы о влиянии категориального фактора на непрерывные переменные и дискриминацию выборки по данному признаку, оценку когезивности каждого класса проводили с использованием  $\lambda$  Уилкса и применением критерия Фишера.

Сигма-ограниченную модель применяли для получения ограниченного сигма-кодирования, что позволило оценить воздействие категориальных предикторных переменных в общих линейных и нелинейных моделях.

Дискриминантный анализ использовали для оценки точности классификации данных на группы.

Статистический анализ проведен с помощью пакета программ Statistica 10.

Для анализа использовали последовательности 34 ампликона гена Tax гена, которые в дальнейшем были секвенированы. Мутации Mis-sense<sup>5</sup> (миссенс-мутация) были обнаружены в 33 вариантах. Те же изменения наблюдались в вариантах, полученных внутри стад, внутри пород и между стадами и породами. Наиболее частые изменения в функциональных доменах Tax и эпитопах включали T(52)I в цинк-пальцевом домене; Y(257)C в многофункциональном домене; L(278)I в В-клеточном эпитопе; и T(167)I, L(173)P, R(183)K в эпитопе CD8+ CTL, которые захватывают богатый лейцином домен активации и домен транскрипционной активации в этом эпитопе соответственно. Субпоследовательно все последовательности гена Tax были сгруппированы в пятнадцать вариантов, которым присвоили наименования от Tax\_A до Tax\_O, представляющих различные мутационные шаблоны по отношению к известным функциональным доменам и эпитопам. Миссенс-мутации в Tax показаны в таблице 1. Филогенетический анализ показал, что вариации Tax\_A–K и Tax\_O принадлежат к генотипу 4, а остальные варианты, Tax\_L–N, относятся к генотипу 7.

---

5 Миссенс-мутация относится к изменению одной аминокислоты в белке, возникающему в результате точечной мутации в одном нуклеотиде. Миссенс-мутация – это тип несинонимичной замены в последовательности ДНК.

Таблица 1

**Вариации изолятов вируса лейкемии крупного рогатого скота (BLV), сравнивали с консенсусной последовательностью**  
**Variations in bovine leukemia virus (BLV) isolates, were compared to consensus sequence**

| Наименование вариации | Позиция (сайт)         | Аминокислотные замены <sup>6</sup> | Домен                                            | Генотип |
|-----------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|---------|
| 1                     | 2                      | 3                                  | 4                                                | 5       |
| Tax_A                 | 40                     | Q → L                              | Цинк-пальцевый белок <sup>7</sup>                | 4       |
|                       | 142                    | V → A                              | Т-клеточный эпитоп                               |         |
|                       | 233, 281               | L → P, S → P                       | - <sup>8</sup>                                   |         |
| Tax_B                 | 42                     | E → K                              | Цинк-пальцевый белок                             | 4       |
|                       | 140                    | N → I                              | Т-клеточный эпитоп                               |         |
|                       | 142                    | V → A                              | Т-клеточный эпитоп                               |         |
|                       | 233, 281               | L → P, S → P                       | -                                                |         |
| Tax_C                 | 51                     | E → K                              | Цинк-пальцевый белок                             | 4       |
|                       | 131                    | I → V                              | Т-клеточный эпитоп                               |         |
|                       | 186                    | I → V                              | Эпитоп CTL <sup>9</sup> , богатый лейцином домен |         |
|                       | 69, 102, 214, 221, 228 | T → M, V → I, I → T, T → P, E → A  | -                                                |         |
| Tax_D                 | 52                     | T → I                              | Цинк-пальцевый белок                             | 4       |
|                       | 183                    | R → K                              | Эпитоп CTL, богатый лейцином домен               |         |
|                       | 278                    | L → I                              | В-клеточный эпитоп                               |         |
| Tax_E                 | 52                     | T → I                              | Цинк-пальцевый белок                             | 4       |
|                       | 140                    | N → K                              | Т-клеточный эпитоп                               |         |
|                       | 183                    | R → K                              | Эпитоп CTL, богатый лейцином домен               |         |
|                       | 278                    | L → I                              | В-клеточный эпитоп                               |         |
|                       | 69                     | T → M                              | -                                                |         |
| Tax_F                 | 52                     | T → I                              | Цинк-пальцевый белок                             | 4       |
|                       | 124                    | S → F                              | Т-клеточный эпитоп                               |         |
|                       | 183                    | R → K                              | Эпитоп CTL, богатый лейцином домен               |         |
|                       | 278                    | L → I                              | В-клеточный эпитоп                               |         |
|                       | 2, 22, 73              | S → A, N → S, R → Q                | -                                                |         |
| Tax_G                 | 52                     | T → I                              | Цинк-пальцевый белок                             | 4       |
|                       | 183                    | R → K                              | Эпитоп CTL, богатый лейцином домен               |         |
|                       | 245                    | A → T                              | Мультифункциональный эпитоп                      |         |
|                       | 278                    | L → I                              | В-клеточный эпитоп                               |         |
|                       | 235                    | Q → R                              | -                                                |         |
| Tax_H                 | 178                    | F → Y                              | Эпитоп CTL, богатый лейцином домен               | 4       |
|                       | 246                    | I → T                              | Мультифункциональный эпитоп                      |         |
|                       | 249                    | F → L                              | Мультифункциональный эпитоп                      |         |
| Tax_I                 | 245                    | A → T                              | Мультифункциональный эпитоп                      | 4       |
|                       | 102, 214, 221          | V → I, I → T, T → P                | -                                                |         |
| Tax_J                 | 117                    | Q → R                              | Т-клеточный эпитоп                               | 4       |
|                       | 102                    | V → I                              | -                                                |         |

6 Однобуквенные коды 20 аминокислот в соответствии с IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry – это Международный союз теоретической и прикладной химии).

7 Цинк-пальцевые (Zn-finger) белки – группа транскрипционных факторов.

8 Сайт, не определенный функциональным доменом.

9 CTL – цитотоксичные Т-лимфоциты

Окончание табл. 1

| 1     | 2                                    | 3                                                                                                                                                             | 4                                  | 5 |
|-------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---|
| Tax_K | 141                                  | $L \rightarrow S$                                                                                                                                             | Т-клеточный эпитоп                 | 4 |
|       | 186                                  | $I \rightarrow V$                                                                                                                                             | Эпитоп CTL, богатый лейцином домен |   |
| Tax_L | 167                                  | $T \rightarrow I$                                                                                                                                             | Эпитоп CTL, богатый лейцином домен | 7 |
|       | 173                                  | $L \rightarrow P$                                                                                                                                             | Эпитоп CTL, богатый лейцином домен |   |
|       | 257                                  | $Y \rightarrow C$                                                                                                                                             | Мультифункциональный эпитоп        |   |
|       | 2, 69, 95, 214, 221, 233, 281        | $S \rightarrow A^{5/9}g^*$ , $T \rightarrow A$ , $A \rightarrow T$ , $I \rightarrow T^{8/9}$ , $T \rightarrow S$ , $L \rightarrow P$ , $S \rightarrow P$      | -                                  |   |
|       |                                      |                                                                                                                                                               |                                    |   |
| Tax_M | 167                                  | $T \rightarrow I$                                                                                                                                             | Эпитоп CTL, богатый лейцином домен | 7 |
|       | 173                                  | $L \rightarrow P$                                                                                                                                             | Эпитоп CTL, богатый лейцином домен |   |
|       | 198                                  | $A \rightarrow T$                                                                                                                                             | Эпитоп CTL                         |   |
|       | 257                                  | $Y \rightarrow C$                                                                                                                                             | Мультифункциональный эпитоп        |   |
|       | 69, 95, 198, 214, 221, 227, 233, 281 | $T \rightarrow A$ , $A \rightarrow T$ , $A \rightarrow T$ , $I \rightarrow V$ , $T \rightarrow S$ , $S \rightarrow T$ , $L \rightarrow P$ , $S \rightarrow P$ | -                                  |   |
| Tax_N | 43                                   | $R \rightarrow K$                                                                                                                                             | Цинк-пальцевый белок               | 7 |
|       | 173                                  | $L \rightarrow P$                                                                                                                                             | Эпитоп CTL, богатый лейцином домен |   |
|       | 257                                  | $Y \rightarrow C$                                                                                                                                             | Мультифункциональный эпитоп        |   |
|       | 2, 69, 95, 212, 221, 233, 281        | $S \rightarrow A$ , $T \rightarrow A$ , $A \rightarrow T$ , $V \rightarrow I$ , $T \rightarrow S$ , $L \rightarrow P$ , $S \rightarrow P$                     | -                                  |   |
| Tax_O | 102, 214, 221                        | $V \rightarrow I^{7/9}$ , $I \rightarrow T^{6/9}$ , $T \rightarrow P^{6/9}$                                                                                   | -                                  | 4 |

\* §, Пять из девяти штаммов имеют  $S \rightarrow$  Замена в варианте Tax\_L

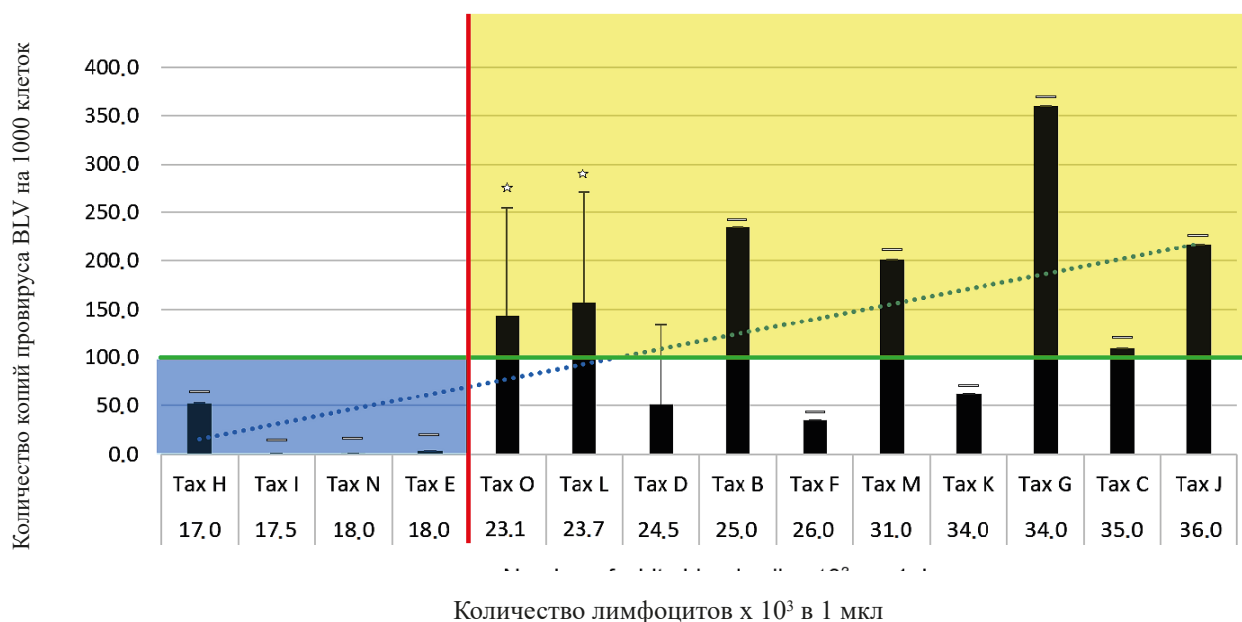


Рис. 1. Корреляция между провирусной нагрузкой провируса BLV и абсолютным содержанием лейкоцитов в 1 мкл, между группами с разным профилем Tax

Fig. 1. Correlation between BLV proviral load and absolute leukocyte count in 1 μL, between groups with different Tax profiles

По результатам графического анализа можно разделить большинство вариантов на две группы (рис. 1). Четыре варианта Tax (Tax\_E, \_H, \_I, \_N), были отнесены к группе I (Вирусная нагрузка < 100 копий на 1 000 клеток и абсолютное содержание лейкоцитов < 22 000 лейкоцитов/мкл). Семь вариантов Tax (Tax\_B, \_C, \_G, \_J, \_L, \_M, \_O), были отнесены ко второй группе (вирусная нагрузка > 100 копий на 1 000 клеток и абсолютное содержание лейкоцитов

$\geq 22\ 000$  /мкл). Остальные варианты, т. е. Tax\_D, \_F, \_K, составляющие 13 % от общей выборки, не могли быть отнесены ни к какой группе, поскольку у них количество лейкоцитов не коррелировало с количеством копий провируса. Вариант А был связан с лейкозом и характеризовался как внутриклеточный эпитоп Q(40)L и V(142)A.

Последовательности области микроРНК показали среднюю парную идентичность 98,4 %. Консенсусная последовательность, построенная для множественного выравнивания, была использована для определения нуклеотидных вариаций в генах pre-miRNA-B и их промоторных элементов. В дополнение к pre-miРНК-B1 однонуклеотидные полиморфизмы (SNP) были идентифицированы на участках всех генов pre-miRNA-B. Наиболее частые изменения содержали A(154)G в BLV-mir-B2-3p, C(249)G в BLV-mir-B3-5p, A(310)del в BLV-mir-B4-5p, A(357)G в BLV-mir-B4-3p, A(462)G в BLV-mir-B5-5p и GA(497–498)AG в BLV-mir-B5-3p. Кроме того, было выявлено 18 A-box-1, -2, -3 последовательностей, шесть – в B-box и семь – в терминаторных последовательностях (рис. 2).

B-Box чаще всего располагались за 3p arm или между микроRNA последовательностями: (1) GTTCGAAC, (2) RGTTCGCG, (3) RGWTAAGAC, (4) RGTTCGAATC, (5) GTTGCRAC и (6) RGGTTGTG.

Усредненные парные значения идентичности между элементами промотора и терминатора (98,2 %) между последовательностями pre-miRNA (98,9 %) были сопоставимыми. Кроме того, ключевые последовательности (seedsequence) (нуклеотиды 2–7), которые отвечают за направление микроРНК на мишени транскриптов мРНК, были в значительной степени сохранены, за исключением ранее выявленных SNP в BLV-miR-B5-3p (ref BLV FLK штамм). Впоследствии все полученные последовательности были разделены на 11 вариантов, основанных на их полиморфизмах в генах и промоторах pre-miRNA-B, и были названы от miRNA\_A до miRNA\_K. Характеристики SNP для каждого варианта микроРНК приведены в таблице 2. Филогенетический анализ показал, что варианты miRNA\_B–F и miRNA\_H–K относятся к генотипу 4, а остальные варианты, miRNA\_A, G, относятся к генотипу 7.

Таблица 2

Вариации микроРНК, полученных из изолятов BLV крупного рогатого скота  
Variations in microRNAs derived from bovine BLV isolates

| Наименование вариации | Позиция (сайт)         | Аминокислотные замены             | микроРНК                      | N  | Генотип |
|-----------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----|---------|
| 1                     | 2                      | 3                                 | 4                             | 5  | 6       |
| микроРНК_A            | 84, 171, 195, 210, 212 | A → G, A → G, G → A, G → A, T → A | _Q                            | 9  | 7       |
|                       | 310                    | A → del                           | BLV-mir-B4-5p                 |    |         |
|                       | 342                    | G → A                             | B4 pre-miRNA, putative A-box  |    |         |
|                       | 357                    | A → G                             | BLV-mir-B4-3p                 |    |         |
|                       | 373, 392, 453          | G → A, G → A, C → T               | -                             |    |         |
|                       | 462                    | A → G                             | BLV-mir-B4-5p                 |    |         |
|                       | 497–498                | GA → AG                           | BLV-mir-B4-3p                 |    |         |
| микроРНК_B            | 168                    | T → del <sup>14/15</sup>          | -                             | 15 | 4       |
| микроРНК_C            | 106                    | G → A <sup>4/5</sup>              | -                             | 5  | 4       |
|                       | 154                    | A → G                             | BLV-mir-B4-3p                 |    |         |
| микроРНК_D            | 249                    | C → G                             | BLV-mir-B3-5p, putative A-box | 4  | 4       |
| микроРНК_E            | 141                    | G → A                             | B2 pre-miRNA                  | 1  | 4       |
|                       | 168                    | T → del                           | -                             |    |         |



Окончание табл. 2

| 1           | 2                              | 3                                               | 4                             | 5 | 6 |
|-------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|---|---|
| микроРНК _F | 141                            | G → A                                           | B2 pre-miRNA                  | 1 | 4 |
|             | 168                            | T → del                                         | -                             |   |   |
|             | 171                            | A → G                                           | putative A-box                |   |   |
|             | 91, 300                        | A → G, A → G                                    | -                             |   |   |
| микроРНК _G | 64, 67, 84, 171, 195, 210, 212 | G → A, A → T, A → G, A → G, G → A, G → A, T → A | -                             | 1 | 4 |
|             | 310                            | A → del                                         | BLV-mir-B4-5p                 |   |   |
|             | 341                            | C → T                                           | putative A-box                |   |   |
|             | 342                            | G → A                                           | B4 pre-miRNA, putative A-box  |   |   |
|             | 357                            | A → G                                           | BLV-mir-B4-3p                 |   |   |
|             | 373, 392, 453                  | G → A, G → A, C → T                             | -                             |   |   |
|             | 462                            | A → G                                           | BLV-mir-B4-5p                 |   |   |
|             | 497-498                        | GA → AG                                         | BLV-mir-B4-5p                 |   |   |
| микроРНК _H | 97, 168                        | A → G, T → del                                  | -                             | 1 | 4 |
|             | 420                            | A → G                                           | putative B-box                |   |   |
| микроРНК _I | 168                            | T → del                                         | -                             | 1 | 4 |
|             | 420                            | A → G                                           | putative B-box BLV-mir-B5-5p, |   |   |
|             | 467                            | A → G                                           | putative B-box                |   |   |
| микроРНК _J | 107                            | A → G                                           | -                             |   | 4 |
|             | 239                            | C → T                                           | BLV-mir-B3-5p BLV-mir-B3-5p,  |   |   |
|             | 249                            | C → G                                           | putative A-box                |   |   |
| микроРНК _K | 181                            | G → A                                           | putative B-box BLV-mir-B3-5p, | 1 | 4 |
|             | 249                            | C → G                                           | putative A-box                |   |   |

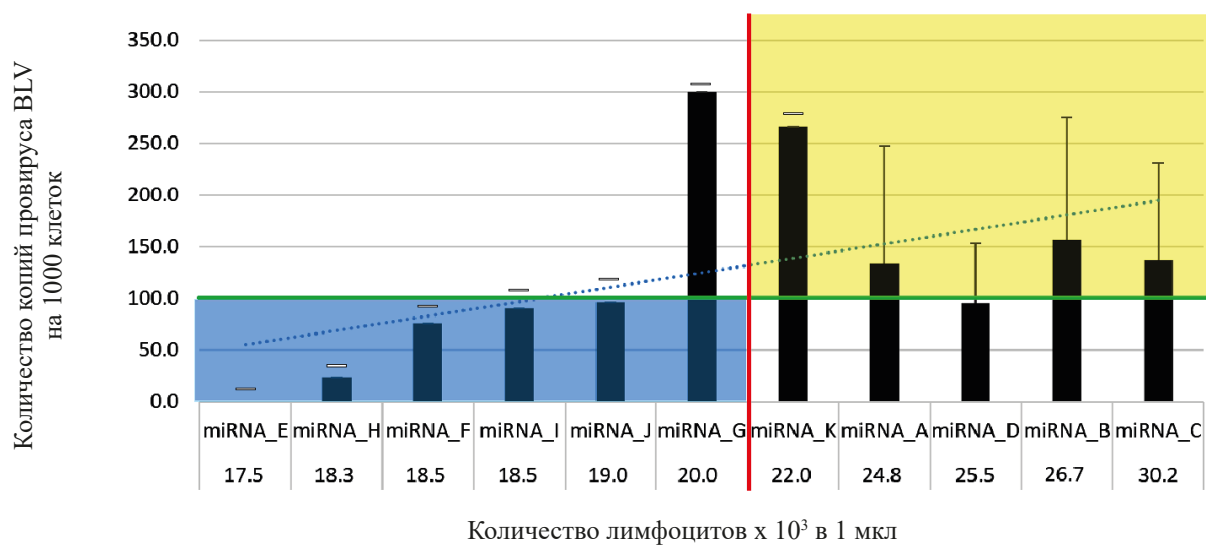


Рис. 2. Корреляция между провирусной нагрузкой провируса BLV и абсолютным содержанием лимфоцитов в 1 мкл, между группами с разными вариациями микроРНК

Fig. 2. Correlation between BLV proviral load and absolute lymphocyte count in 1  $\mu$ L, between groups with different microRNA variations

Была установлена взаимосвязь между группами животных разных вариаций МикроРНК и LTR у инфицированных животных с разным уровнем персистирующего лимфоцитоза (ПЛ). Была выявлена статистически значимая взаимосвязь между полиморфизмом A(+187)C в области последовательности активатора (DAS) в LTR ( $p = 0,00737$ ) и высоким уровнем лимфоцитоза. Результаты исследования показали, что мутация (–4)G в сайте CAP встречалась у 70 % изолятов с низким уровнем ПЛ и не была выявлена в группе с высоким ПЛ. Что может быть использовано в прикладных исследованиях с целью CRISPR/Cas-селекции. И наоборот, мутации G(–133)A/C в CRE2 (46,7 %), C(+160)T в DAS (30 %) и A(310)del в BLV-mir-B4-5p, A(357)G в BLV-mir-B4-3p, A(462)G в BLV-mir-B5-5p и GA(497-498)AG в BLV-mir-B5-3p (26,5 %) часто наблюдались у изолятов с высоким уровнем ПЛ и не были выявлены в группе с низким уровнем ПЛ. Таким образом, было выявлено несколько полиморфизмов в геномных последовательностях BLV изолятов, которые открывают понимание механизмов реализации вирулентных свойств вируса лейкоза крупного рогатого скота. При этом между изолятами, относящимися к разным генотипам, статистически значимых различий в уровне лимфоцитоза не было установлено.

Из проведенных исследований следует ряд выводов.

Установлена статистически значимая взаимосвязь между полиморфизмом A(+187)C в области последовательности активатора (DAS) в LTR ( $p = 0,00737$ ) и высоким уровнем лимфоцитоза.

Выявлено, что мутация (–4)G в сайте CAP встречалась у 70 % изолятов с низким уровнем лимфоцитоза и не была выявлена в группе с высоким.

Установлено, мутации G(–133)A/C в CRE2 (46,7 %), C(+160)T в DAS (30 %) и A(310)del в BLV-mir-B4-5p, A(357)G в BLV-mir-B4-3p, A(462)G в BLV-mir-B5-5p и GA(497-498)AG в BLV-mir-B5-3p (26,5 %) часто наблюдались у изолятов с высоким уровнем лимфоцитоза и не были выявлены в группе с низким.

Было выявлено несколько полиморфизмов в геномных последовательностях BLV изолятов, которые открывают понимание механизмов реализации вирулентных свойств вируса лейкоза крупного рогатого скота.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Обзор эпизоотической ситуации по лейкозу крупного рогатого скота в субъектах Российской Федерации за 2008 год* / М.И. Гулюкин, И.И. Барабанов, А.В. Шишкин [и др.] // Информ.-аналит. бюл. – М.: ВИЭВ, 2009. – 29 с.
2. *Джупина С.И.* Эпизоотический процесс лейкоза КРС и перспективы девакации возбудителя этой инфекции // Ветеринарная патология. – 2014. – № 1. – С. 98–103.
3. *Влияние экологических факторов на организм животных* / И.М. Донник, И.А. Шкуратова, А.Д. Шушарин [и др.] // Ветеринария. – 2007. – № 6. – С. 38–42.
4. *Донник И.М., Петропавловский М.В.* Региональная молекулярно-генетическая структура вируса лейкоза крупного рогатого скота // Ветеринария Кубани. – 2010. – № 3. – С. 12–13.
5. *Донченко А.С., Димов С.К., Юшков Ю.Г.* Эпизоотическая диагностика – научно-методическая основа контроля эпизоотических процессов: метод. рекомендации. – Новосибирск, 2010. – С. 31–33.
6. *Дробот Е.В.* Результаты изучения генотипического разнообразия вируса лейкоза крупного рогатого скота и особенности эпизоотологического и гематологического проявления: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2007. – 18 с.
7. *Смирнов П.Н., Батенёва Н.В., Белявская В.А.* Генотипическое разнообразие вируса лейкоза крупного рогатого скота на территории Новосибирской области и Краснодарского края // Вестник (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2011. – № 2 (18). – С. 81–83.
8. *Смирнов П.Н.* Болезнь века – лейкоз крупного рогатого скота / П.Н. Смирнов. – Новосибирск: [б. и.], 2007. – 297 с.

9. Чичина C.B. Роль аллельной вариабельности генов цитокинов в формировании резистентности крупного рогатого скота к лейкозу: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2005. – 24 с.
10. Use of synthetic peptides to map sequential epitopes recognized by monoclonal antibodies on the bovine leukemia virus external glycoprotein / I. Callebaut, A. Burny, V. Krechnák [et al.] // *Virology*. – 1991. – Vol. 185, No. 1. – DOI: 10.1016/0042-6822(91)90752-W.
11. Peripheral blood B-cell death compensates for excessive proliferation in lymphoid tissues and maintains homeostasis in bovine leukemia virus-infected sheep / C. Debaq, N. Gillet, B. Asquith [et al.] // *J. Virol.* – 2006. – Vol. 80. – P. 9710–9719. – DOI: 10.1128/JVI.01022-06.
12. The complete genomic sequence of an in vivo low replicating BLV strain / S. Dube, L. Abbott, D.K. Dube [et al.] // *J. Virol.* – 2009. – Vol. 6. – P. 120. – DOI: 10.1186/1743-422X-6-120.
13. Provirus variants of the bovine leukemia virus and their relation to the serological status of naturally infected cattle / H. Fechner, P. Blankenstein, A.C. Looman [et al.] // *Virology*. – 1997. – Vol. 237. – P. 261–269.
14. Sequencing and phylogenetic analysis of the gp51 gene from Korean bovine leukemia virus isolates / A.J. Lee, E.J. Kim, H.K. Joung [et al.] // *J. Virol.* – 2015. – Vol. 12. – article 64. – DOI: 10.1186/s12985-015-0286-4.
15. Molecular epidemiological and serological studies of bovine leukemia virus (BLV) infection in Thailand cattle / E. Lee, E.J. Kim, J. Ratthanophart [et al.] // *Infect Genet Evol.* – 2016. – Vol. 41. – P. 245–254. – DOI: 10.1016/j.meegid.2016.04.010.
16. Lewin H.A. Host genetic mechanism of resistance and susceptibility to a bovine retroviral infection // *Anim. Biotech.* – 1994. – Vol. 5. – P. 183–191.
17. The molecular characterization of bovine leukaemia virus isolates from Eastern Europe and Siberia and its impact on phylogeny / M. Rola-Luszczak, A. Pluta, M. Olech [et al.] // *PLoS One*. – 2013. – Vol. 8, No. 3. – e58705. – DOI: 10.1371/journal.pone.0058705.
18. Deep sequencing reveals abundant noncanonical retroviral micrnas in b-cell leukemia/lymphoma / N. Rosewick, M. Momont, K. Durkin [et al.] // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 2013. – Vol. 110. – P. 2306–2311. – DOI: 10.1073/pnas.1213842110.
19. Willems L. Bovine leukemia virus as a model for studying human leukemias // *Bull Mem Acad R Med Belg.* – 2004. – Vol. 159. – P. 473–478.
20. Bovine leukemia virus, an animal model for the study of intrastrain variability / L. Willems, E. Thienpont, P. Kerkhofs [et al.] // *J. Virol.* – 1993. – Vol. 67. – P. 1086–1089.

## REFERENCES

1. Gulyukin M.I., Barabanov I.I., Shishkin A.V. [i dr.], *Inform.-analit. byul.*, Moscow: VIE`V, 2009, 29 p.
2. Dzhupina S.I. *Veterinarnaya patologiya*, 2014, No. 1, pp. 98–103. (In Russ.)
3. Donnik I.M., Shkuratova I.A., Shusharin A.D. [i dr.], *Veterinariya*, 2007, No. 6, pp. 38–42. (In Russ.)
4. Donnik I.M., Petropavlovskij M.V., *Veterinariya Kubani*, 2010, No. 3, pp. 12–13. (In Russ.)
5. Donchenko A.S., Dimov S.K., Yushkov Yu.G. *E`pizooticheskaya diagnostika – nauchno-metodicheskaya osnova kontrolya e`pizooticheskix processov* (Epizootic diagnostics - scientific and methodological basis for control of epizootic processes), Novosibirsk, 2010, pp. 31–33.
6. Drobot E.V. *Rezultaty izucheniya genotipicheskogo raznoobraziya virusa lejkoza krupnogo rogatogo skota i osobennosti e`pizootologicheskogo i gematologicheskogo proyavleniya* (Results of the study of genotypic diversity of bovine leukosis virus and peculiarities of epizootologic and hematologic manifestation), Extended abstract oft candidate`s thesis Biological Sciences, Novosibirsk, 2007, 18 p. (In Russ.)
7. Smirnov P.N., Batenyova N.V., Belyavskaya V.A., *Vestnik NGAU*, 2011, No. 2 (18), pp. 81–83. (In Russ.)
8. Smirnov P.N. *Bolezn` veka – lejkoz krupnogo rogatogo skota* (Disease of the century - bovine leukemia), Novosibirsk, 2007, 297 p.
9. Chichina S.V. *Rol` allel`noj variabel`nosti genov citokinov v formirovanii rezistentnosti krupnogo rogatogo skota k lejkozu* (Role of allelic variability of cytokine genes in the formation of resistance of cattle to leukosis), Extended abstract oft candidate`s thesis Biological Sciences, Novosibirsk, 2005, 24 p. (In Russ.)

10. Callebaut I., Burny A., Krchnák V. [et al.], Use of synthetic peptides to map sequential epitopes recognized by monoclonal antibodies on the bovine leukemia virus external glycoprotein, *Virology*, 1991, Vol. 185, No. 1, DOI: 10.1016/0042-6822(91)90752-W.
11. Debacq C., Gillet N., Asquith B. [et al.], Peripheral blood B-cell death compensates for excessive proliferation in lymphoid tissues and maintains homeostasis in bovine leukemia virus-infected sheep, *J. Virol*, 2006, Vol. 80, P. 9710–9719, DOI: 10.1128/JVI.01022-06.
12. Dube S., Abbott L., Dube D.K. [et al.], The complete genomic sequence of an in vivo low replicating BLV strain, *J. Virol*, 2009, Vol. 6, P. 120, DOI: 10.1186/1743-422X-6-120.
13. Fechner H., Blankenstein P., Looman A.C. [et al.], Provirus variants of the bovine leukemia virus and their relation to the serological status of naturally infected cattle, *Virology*, 1997, Vol. 237, P. 261–269.
14. Lee A.J., Kim E.J., Joung H.K. [et al.], Sequencing and phylogenetic analysis of the gp51 gene from Korean bovine leukemia virus isolates, *J. Virol*, 2015, Vol. 12, art. 64, DOI: 10.1186/s12985-015-0286-4.
15. Lee E., Kim E.J., Ratthanophart J. [et al.], Molecular epidemiological and serological studies of bovine leukemia virus (BLV) infection in Thailand cattle, *Infect Genet Evol*, 2016, Vol. 41, P. 245–254, DOI: 10.1016/j.meegid.2016.04.010.
16. Lewin H.A. Host genetic mechanism of resistance and susceptibility to a bovine retroviral infection, *Anim. Biotech*, 1994, Vol. 5, P. 183–191.
17. Rola-Luszczak M., Pluta A., Olech M. [et al.], The molecular characterization of bovine leukaemia virus isolates from Eastern Europe and Siberia and its impact on phylogeny, *PLoS One*, 2013, Vol. 8, No. 3, e58705, DOI: 10.1371/journal.pone.0058705.
18. Rosewick N., Momont M., Durkin K. [et al.], Deep sequencing reveals abundant noncanonical retroviral micrnas in b-cell leukemia/lymphoma, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2013, Vol. 110, P. 2306–2311, DOI: 10.1073/pnas.1213842110.
19. Willems L. Bovine leukemia virus as a model for studying human leukemias, *Bull Mem Acad R Med Belg*, 2004, Vol. 159, P. 473–478.
20. Willems L., Thienpont E., Kerkhofs P. [et al.], Bovine leukemia virus, an animal model for the study of intrastrain variability, *J. Virol*, 1993, Vol. 67, P. 1086–1089.



РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ,  
ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

RATIONAL NATURE MANAGEMENT, ECOLOGY  
AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

УДК: 636.084:633.367.3:597.552.512:616.15

DOI:10.31677/2311-0651-2024-46-4-74-81

## БИОМЕТРИЧЕСКИЕ И ГИСТОПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ ПРИ СНИЖЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ ЖИВОТНОГО ПРОТЕИНА В РАЦИОНЕ

<sup>1</sup>Н.В. Гапонов, кандидат биологических наук, научный сотрудник

<sup>2</sup>Е.В. Шмат, кандидат технических наук, доцент

<sup>2</sup>М.А. Амироков, доктор ветеринарных наук, доцент

<sup>1</sup>Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии  
им. В.Р. Вильямса

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы –  
Сочинский институт (филиал)  
E-mail: nv.1000@bk.ru

**Ключевые слова:** люпин, форель, печень, гепатоциты, пролиферация, протеин.

**Реферат.** На биологических моделях радужной форели проведены сравнительные исследования влияния замены в структуре рациона кормления растительным протеином животного белка на биометрические показатели и гистопатологические показатели печени радужной форели. Включение в состав комбикорма белого люпина с оболочкой привело к увеличению массы кишечника. В 1-й опытной группе по отношению к контролю масса кишечника увеличилась на 26,3 %, во 2-й опытной группе уменьшилась на 22 %. При этом основным местом всасывания является передний отдел кишечника и область, примыкающая к пилорическим придаткам, где при оптимальном кормлении может быть резорбировано до 90 % белков, жиров и углеводов от общего количества, которое доступно рыбам из пищи. Желудок радужной форели тоже принимает активное участие во всасывании питательных веществ (29 % белков, 44 % липидов и 26 % углеводов). В нашем эксперименте масса желудка увеличилась в 1-ой опытной группе на 2,61 % и во 2-й опытной – на 7,3 %. Анализ изученных литературных данных позволяет утверждать, что уменьшение массы кишечника во 2-й опытной группе, где использовали в структуре рациона люпин без оболочки в количестве 25 %, привело к более интенсивной переваримости питательных веществ в его краниальном отделе. Увеличение массы кишечника в 1-й опытной группе связано с применением люпина с оболочкой, что привело к адаптации форели, выразившейся в морфологических изменениях кишечника под воздействием клетчатки. При исследовании ткани печени во 2-й опытной группе выявлены некоторые дегенеративные изменения. Вакуолизация клеток печени во 2-й опытной группе, в которой применяли рацион с повышенным содержанием в его структуре растительного протеина, была значительно ниже, и соответственно, в этой группе были самые маленькие гепатоциты. Наблюдались дефекты клеточных контактов в печени, деструкция, и пролиферация клеток лимфогистиоцитарного ряда в синусоиды. Таким образом, снижение в структуре рационов хищных рыб кормов животного происхождения на 25 % приводит к дегенерации печени. Данная реактивная адаптация печени к новому растительному ингредиенту протеина носит кратковременный характер.



## BIOMETRIC AND HISTOPATHOLOGICAL PARAMETERS OF RAINBOW TROUT WITH A DECREASE IN ANIMAL PROTEIN CONTENT IN THE DIET

<sup>1</sup>N.V. Gaponov, PhD in Biological Sciences, Research Associate

<sup>2</sup>E.V. Shmat, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

<sup>2</sup>M.A. Amirokov, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor

<sup>1</sup>Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

<sup>2</sup>Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia - Sochi Institute (Branch)

**Keywords:** lupine, trout, liver, cepatocytes, proliferation, 7protein.

**Abstract.** *Comparative studies of the effect of replacing animal protein with vegetable protein in the diet structure on biometric indices and histopathologic indices of rainbow trout liver were carried out on biological models of rainbow trout. Inclusion of white lupine with a shell in the composition of mixed fodder led to an increase in the weight of the intestine. In the 1st experimental group in relation to the control the mass of intestine increased by 26,3 %, in the 2nd experimental group it decreased by 22 %. The main place of absorption is the anterior intestine and the area adjacent to the pyloric appendages, where at optimal feeding can be resorbed up to 90% of proteins, fats and carbohydrates from the total amount that is available to fish from food. The stomach of rainbow trout also takes an active part in the absorption of nutrients (29 % of proteins, 44 % of lipids and 26 % of carbohydrates). In our experiment, stomach weight increased in the 1st experimental group by 2.61 % and in the 2nd experimental group by 7.3 %. The analysis of the studied literature data allows us to assert that the decrease in intestinal weight in the 2nd experimental group, where 25 % lupine without shell was used in the diet structure, resulted in more intensive digestion of nutrients in its cranial part. The increase in intestinal weight in the 1st experimental group is associated with the use of lupin with a shell, which led to adaptation of trout, expressed in morphological changes in the intestine under the influence of fiber. Examination of liver tissue in the 2nd experimental group revealed some degenerative changes. Vacuolization of liver cells in the 2nd experimental group, in which the diet with increased content of vegetable protein in its structure was applied, was significantly lower; and accordingly, this group had the smallest hepatocytes. Defects of cell contacts in the liver; destruction, and proliferation of cells of the lymphohistiocytic series into sinusoids were observed. Thus, reduction in the structure of diets of predatory fish of animal origin feeds to the level of 25 % leads to liver degeneration. This reactive adaptation of the liver to a new plant protein ingredient is short-term.*

Как известно, первостепенное влияние на показатели продуктивности *Oncorhynchus Mykiss* оказывает не только количественное содержание протеина, но и его качественный состав [1, 2].

Эволюционно выбранная адаптация форели как хищника к относительно стабильному составу корма способствовала возникновению зависимости от этого фактора. Известно, что при исключении из рациона форели незаменимых жирных и аминокислот, а также минералов и витаминов отмечается резкое торможение роста. Высокая степень выведения экскреции у форели свидетельствует о повышенной напряженности в работе всего организма и является показателем несбалансированности рациона, указывая на несоответствие потребностям рыб соотношения питательных веществ в рационе [3, 4].

Для сбалансированного развития и роста, как и все остальные живые существа, радужная форель нуждается в определенном наборе питательных веществ в своем рационе. При формировании рациона необходимо учитывать физиологические потребности выращиваемого вида и особенности его физиологии, которые способствуют усвоению компонентов, входящих в состав комбикорма [5, 6]. Кроме того, особенностью данного вида рыб является тот фактор, что они не могут синтезировать определенные вещества и обязательно должны получать их вместе с потребляемым кормом. Маленький пищеварительный тракт радужной форели и низкая температура воды препятствуют развитию широкой микрофлоры, которая у теплокровных животных в значительной мере обеспечивает организм витаминами [7, 8].

Потребность в получении протеина меняется с возрастом: если содержание его в сухом корме для молоди должно быть 40–55 %, то для взрослой рыбы оно может быть 34–40 %. При составлении рационов следует учитывать, что недостаток протеина способствует задерживанию скорости роста. При недостатке в рационе жиров и углеводов протеин может использоваться в организме рыбы в качестве источника основной энергии в ущерб своей основной функции – белкового обмена и роста тела [9, 10].

Протеин усваивается лососевыми рыбами практически на 100 %, но молодь усваивает его несколько хуже, чем взрослые особи. Наибольшую эффективность имеют корма, содержащие 55–65 % калорий за счет протеина. При кормлении на 1 кг прироста потребуется 500–650 г белка. Превышение показателя говорит о неполноценности ингредиентов комбикорма или о несбалансированности пищевой диеты. Растительный протеин по сравнению с животным усваивается у лососевых рыб немного хуже, однако за счет применения именно этих белков достигается более низкая стоимость рационов, по сравнению с рационами, включающими в свой состав протеин животного происхождения [11].

По данным Gomes (1995), переваримость протеина семян люпина у радужной форели находится практически на уровне переваримости рыбной муки – 85,5 % (рыбная мука – 86,6 %) [6]. Из бобовых используют горох, фасоль, сою, люпин, чечевицу, вику, чину и др. Они содержат до 25–30 % белка, который усваивается на 70–80 %, и содержание жира в бобовых в 2–3 раза выше, чем в злаковых. Перед введением в кормосмеси бобовые следует подвергнуть тепловой обработке для устранения ингибирующего действия [12, 13].

Таким образом, данное исследование может стать основой для фундаментального расширения знаний о биохимии протеинового питания рыб.

Целью данной работы являлось исследование биометрических параметров и гистопатологических показателей печени радужной форели при критической замене в структуре рациона животного протеина на протеин растительного происхождения.

Эксперимент проводили на молоди радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) породы Адлер. Получали объект исследований из АО Племенной форелеводческий завод «Адлер». В период эксперимента контрольную и 2 опытные группы содержали в трёх установках замкнутого цикла водоснабжения. Формировали 3 группы принципом пар аналогов по 200 голов, средней массой 55,5 г. Продолжительность эксперимента составила 16 недель.

Для питания применяли полнорационный комбикорм, полученный методом экструдирования. Размер кормовых частиц был адекватно пропорционален возрасту форели. Полнорационные составы для форели разрабатывали с учётом количества допустимого процентного ввода компонентов и норм потребности в питательных веществах для форели. В питании рыбы контрольной группы использовали тот же полнорационный комбикорм, который был принят в хозяйстве – месте постановки эксперимента. Причём экспериментальные группы поедали аналогичный корм, но с заменой белка животного происхождения на растительный протеин. Количество рыбной муки в контрольной группе составило 44 %. В 1-й опытной группе муку рыбную заменили растительным протеином на 7 %, итого в структуре рецепта рыбная мука составила 37 %. Во 2-й опытной группе для снижения клетчатки в рационе с люпина белого убирали оболочку, что позволило ввести в структуру рациона 25 % люпина. В итоге рыбную муку заменили на растительный протеин на 19 %, таким образом в структуре рецепта количество рыбной муки снижено до 25 %.

На период научных исследований было организовано питание форели не менее 4 дач корма в день, в светлое время суток, в равные интервалы времени. Суточную дачу корма определяли по известной в рыбоводстве методике, с учётом физических свойств воды и особенностей рыбы. Контролировали потребление комбикормов и отходы форели.

Анализ химических свойств воды осуществлялся в период посадки рыбы на эксперимент и в завершающей фазе исследований, в соответствии с методиками определения гидрохимических

свойств воды. Пробозабор осуществлялся согласно предписаниям, из поверхностного слоя. Изучение химсостава, физических свойств, проводили 2 методами – колориметрическим и титриметрическим, по соответствующим методикам [14]. Степень соответствия анализов рыбохозяйственным ПДК определяли по ОСТ 15.372-87 «Вода для рыбоводных хозяйств. Общие требования и нормы».

Биохимический анализ состава полнорационного комбикорма определяли на автоматизированном жидкостном хроматографе с детектором диодной матрицы Agilent 1100, Agilent Technologies, (США). И на спектральном анализаторе кормов ИНФРАСКАН-М, модификация 4200 (ООО «ЭКАН» НПП, Санкт-Петербург).

Образцы печени фиксировались в 10 % нейтральном формалине и заливались в желатин для приготовления гистологических срезов. Окраска препаратов осуществлялась суданом черным В, суданом красным и гематоксилином [15].

Данные экспериментов были подвергнуты статанализу в программе GraphPad Prizm 8.0 (США) и выражались в виде средних арифметических и их стандартных ошибок. Принятый уровень статистической значимости  $p < 0,05$  [16, 17].

Как известно, на результат производства форели оказывают влияние химические и физические показатели качества воды. Поэтому, чтобы определить допустимость воды для экспериментов, необходимы данные анализов. Каковые показали, что концентрация растворенных в воде веществ не превышает допустимых значений, установленных ОСТ 15.372-87. На этом основании и был сделан вывод о целесообразности проведения экспериментов, что в дальнейшем позволило получить хорошую динамику роста рыбы и её сохранность.

В эксперименте была проанализирована степень воздействия растительного протеина в рационах форели на биометрические параметры. В анализе использовали форель средней живой массой около 290 г из контрольной и экспериментальных групп (см. табл.).

**Масса внутренних органов**  
**A mass of internal organs**

| Показатель  | Контрольная     | 1-я опытная     | 2-я опытная     |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Сердце, г   | $0,90 \pm 0,01$ | $0,90 \pm 0,05$ | $0,91 \pm 0,02$ |
| Печень, г   | $4,20 \pm 0,20$ | $4,11 \pm 0,17$ | $4,31 \pm 0,01$ |
| Почки, г    | $1,80 \pm 0,04$ | $1,88 \pm 0,14$ | $1,91 \pm 0,05$ |
| Желудок, г  | $4,20 \pm 0,13$ | $4,31 \pm 0,33$ | $4,51 \pm 0,02$ |
| Кишечник, г | $4,10 \pm 0,18$ | $5,18 \pm 0,08$ | $3,19 \pm 0,11$ |

Примечание. Данные приведены в виде среднего значения и стандартной ошибки,  $n = 4$  для всех групп.  $P < 0.01^{**}$ ,  $p < 0.05^{*}$  по сравнению с контрольной группой.

Включение в состав комбикорма белого люпина с оболочкой привело к увеличению массы кишечника. В 1-й опытной группе по отношению к контролю масса кишечника увеличилась на 26,3 %, во 2-й опытной группе уменьшилась на 22 %. По данным И. Н. Остроумовой, пищеварительная система форели достаточно быстро реагирует на физико-химические особенности пищи [18, 19]. При этом основным местом всасывания является передний отдел кишечника и область, примыкающая к пилорическим придаткам, где при оптимальном кормлении может быть резорбировано до 90 % белков, жиров и углеводов от общего количества, которое доступно рыбам из пищи. Желудок радужной форели тоже принимает активное участие во всасывании питательных веществ (29 % белков, 44 % липидов и 26 % углеводов). В нашем эксперименте масса желудка увеличилась в 1-й опытной группе на 2,6 % и во 2-й опытной на 7,38 %.

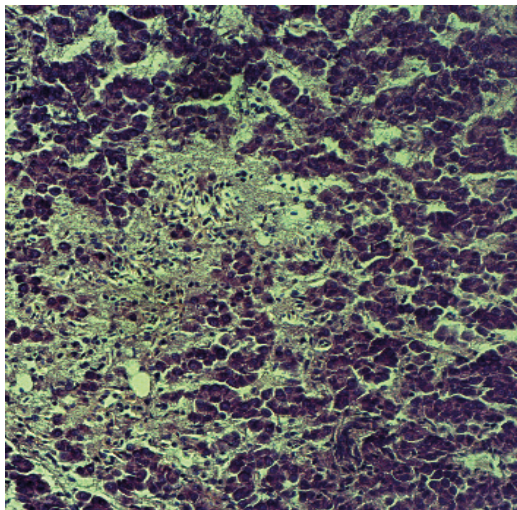


Анализ изученных литературных данных позволяет утверждать, что уменьшение массы кишечника во 2-й опытной группе, где использовали в структуре рациона люпин без оболочки в количестве 25 %, привело к более интенсивной переваримости питательных веществ в его крапильном отделе. Увеличение массы кишечника в 1-й опытной группе связано с применением люпина с оболочкой, что привело к адаптации форели, выразившейся в морфологических изменениях кишечника под воздействием клетчатки.

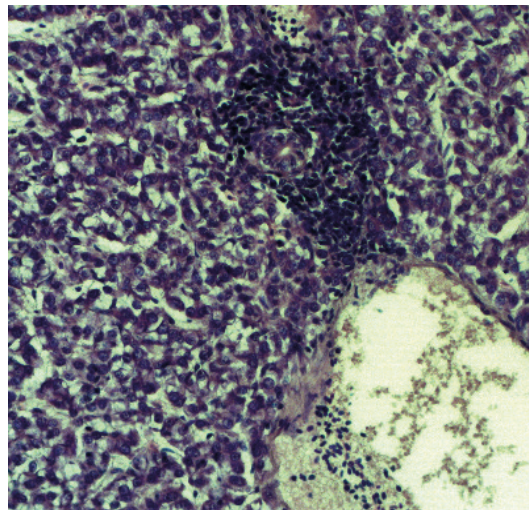
Печень как центральный орган метаболизма рыб характеризуется высокой интенсивностью процессов обмена. Для печени характерно повышенное содержание общих липидов, нуклеиновых кислот, гликогена, белка, а также структурных и резервных липидов всех классов. При этом максимальный уровень липидов сопряжен с состоянием нереста у рыб [20]. Наряду с активными реакциями биосинтеза и катаболизма необходимо отметить и постоянно протекающие в печени активные процессы обезвреживания и биоаккумуляции широкого ряда ксенобиотиков [21], а также регенерации поврежденных гепатоцитов, что связано с активацией свободно-радикальных реакций в лизосомах [22]. Для печени характерен высокий уровень эндогенной НАДФН-зависимой продукции ряда активных форм кислорода [21]. Все указанные особенности химического состава и функций печени, очевидно, способствуют более активному протеканию процессов ПОЛ в гепатоцитах, чем в клетках других органов рыб.

В рыбхозах у рыб может наблюдаться незаразное заболевание, характеризующееся образованием цирроида в результате самоокисления ненасыщенных жирных кислот и отложением его в печени. Причиной цирроидной (липоидной) дегенерации печени радужной форели является кормление рыбы недоброкачественными кормами, в частности долго хранящейся испорченной рыбной мукой.

Печень контрольных рыб имела нормальную структуру, патологических отклонений не обнаружено. Присутствуют гепатоциты, гомогенная цитоплазма и большое центральное и субцентрально-сферическое ядро.



Контроль



2-я опытная

Гистологический срез печени радужной форели  
Histologic section of rainbow trout liver

В настоящем исследовании при изучении микроскопического строения печени достоверных различий между морфометрическими показателями у рыб контрольной и 1-й опытной групп не выявлено. Однако при исследовании ткани печени 2-й опытной группы выявлены некоторые дегенеративные изменения (см. рис.). Вакуолизация клеток печени во 2-й опытной группе, в

которой рыбу кормили рационом с повышенным содержанием растительного протеина в его структуре, была значительно ниже, и, соответственно, в этой группе были самые маленькие гепатоциты. Наблюдались дефекты клеточных контактов в печени, деструкция, и пролиферация клеток лимфогистиоцитарного ряда в синусоиды.

Подобные результаты были получены в исследованиях зарубежных авторов на радужной форели [23–26]. Как сообщают авторы, проявление инфильтрации воспалительных клеток в пластинке *proprgia* возникают, когда плотоядных рыб кормят растительными ингредиентами. Данный негативный эффект наблюдается у плотоядных видов, проявляясь через дегенерацию печени увеличением частоты лимфоцитарных очагов.

Гистопатологические изменения в печени 2-й опытной группы, выявленные в результате исследований под микроскопом, могут быть связаны с реакцией гепатоцитов на новое метаболическое состояние при кормлении хищных рыб растительным протеином в структуре полнорационного комбикорма с низким содержанием животного белка. Данная реактивная адаптация печени к новому растительному ингредиенту протеина носит кратковременный характер, но в долгосрочной перспективе может привести к некрозу печени, если вовремя не сбалансировать рацион кормления.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Dietary effects of coriandrum sativum extract on growth performance, physiological and innate immune responses and resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) against yersinia ruckeri* / F.M. Naderi, S.H. Hoseinifar, G. Rashidian [et al.] // *Fish & Shellfish Immunology*. – 2019. – Vol. 91. – P. 233–241.
2. Гапонов Н.В., Пигарева С.А. Влияние технологических обработок зерна люпина на химический состав концентрата и переваримость питательных веществ у цыплят-бройлеров // *Проблемы биологии продуктивных животных*. – 2010. – № 3. – С. 47–53. – EDN: MUVYHF.
3. Гапонов Н.В. Значение люпина в продовольственной безопасности страны // *Инновации и продовольственная безопасность*. – 2020. – № 4 (30). – С. 101–107. – DOI: 10.31677/2072-6724-2020-30-4-101-107. – EDN: MEIAUL.
4. Гапонов Н.В. Использование белого люпина для улучшения продуктивности радужной форели // *Зоотехния*. – 2023. – № 2. – С. 23–27. – DOI: 10.25708/ZT.2023.95.24.006. – EDN: VASNEP.
5. *Gemedede H.F.; Ratta N. Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects* // *Int. J. Nutr. Food Sci.* – 2014. – Vol. 3. – P. 284–289.
6. *Gomes F., Rema P., Kaushik S.J. Replacement of fishmeal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance.* // *Aquaculture*. – 1995. – Vol. 130, Is. 2–3. – P. 177–186.
7. Уголев А.М. Эволюция пищеварения и принципы эволюции функций. – Л.: Наука, 1985. – 554 с.
8. Щербина М.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. – М.: ВНИРО, 2006. – 364 с.
9. Уголев А.М. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб. – СПб.: Гидрометеиздат, 1994. – 239 с.
10. *Энергосахаропротеиновый концентрат и способ его приготовления: 2461211 С2 Рос. Федерация.* № 2010144896/13; заявл. 02.11.2010; опубл. 20.09.2012. – EDN: AUKXWM.
11. Власов В.А. Использование биологически активных добавок в кормлении рыб // *Рыбоводство и рыбное хозяйство*. – 2019. – № 1. – С. 123–130.
12. *Biochemical indicators of primate blood as a result of the inclusion of white lupine in diet structures* / N.V. Gaponov, O.P. Neverova, S.Yu. Harlap [et al.] // *Innovative Technologies in Agriculture: AIP conference proceedings: International Scientific and Practical Conference. Orel, march 23–24 2022 г.* – 2023. – Vol. 2921, Is. 1. – P. 020003. – DOI: 10.1063/5.0165004. – EDN: QEUKDJ.
13. *Ketola H.G. Amino acid nutrition of fishes: Requirements and supplementation of diets* // *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular*. – 1982. – Vol. 16. – 25 p.
14. Алевкин О.А., Семёнов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу воды. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 385 с.
15. Кононский А.И. Гистохимия. – М., 1976. – 278 с.



16. Gaponov N.V., Loretts O.G., Neverova O.P. Effects of white lupine on hematological and morphophysiological parameters of rainbow trout // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 108. – P. 01007. – DOI: 10.1051/bioconf/202410801007. – EDN: AQLCGW.
17. Gaponov N.V., Loretts O.G., Neverova O.P. The effect of plant protein high levels in feed on biometric and histopathological parameters of rainbow trout // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 108. – P. 01006. – DOI: 10.1051/bioconf/202410801006. – EDN: DLHXRU.
18. Скляр В.Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре. – М.: ВНИРО, 2008. – 150 с.
19. Использование полиморфизма белков семян для сортовой идентификации люпина узколистного (*Lupinus angustifolius* L.) / Э.Э. Егги, М.С. Вишневская, П.А. Агеева [и др.] // Аграрная Россия. – 2012. – № 4. – С. 28. – EDN: TMVKED.
20. Shulman G.E., Love R.M. The Biochemical Ecology of Marine Fishes // Advances in Marine Biology. – San Diego: Acad. Press, 1999. – P. 36–351.
21. Livingstone D.R. Contaminant-stimulated reactive oxygen species production and oxidative damage in aquatic organisms // Mar. Pollut. Bull. – 2001. – Vol. 42, № 8. – P. 656–666.
22. Morre M.N. Molecular and cellular pathology: summary // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 1992. – P. 117–119.
23. Diagnostic Manual for Aquatic Animal Diseases / Office International des Epizooties. – 4-th Ed. – Paris: World Organization for Animal Health, 2003. – Ch. 2.1.8.
24. Partial replacement of fish oil by soybean oil on lipid distribution and liver histology in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles / A. Figueiredo-Silva, E. Rocha, J. Dias [et al.] // Aquacult Nutr. – 2005. – Vol. 11. – P. 147–155.
25. Feeding high inclusion of whole grain white lupin (*Lupinus albus*) to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on growth, nutrient digestibility, liver and intestine histology and muscle fatty acid composition / A. Borquez, E. Serrano, P. Dantagnan [et al.] // Aquacul Res. – 2011. – Vol. 42. – P. 1067–1078.
26. Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб. – СПб.: ГОНИОРХ, 2001. – 372 с.

## REFERENCES

1. Naderi Farsani M., Hoseinifar S.H., Rashidian G., Ghafari Farsani H., Ashouri G., Doan H. Van, Dietary effects of coriandrum sativum extract on growth performance, physiological and innate immune responses and resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) against yersinia ruckeri, *Fish & Shellfish Immunology*, 2019, Vol. 91, P. 233–241.
2. Gaponov N.V., Pigareva S.A., *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh*, 2010, No. 3, pp. 47–53, EDN: MUVYHF. (In Russ.)
3. Gaponov N.V. *Innovacii i proizvodstvennaya bezopasnost'*, 2020, No. 4 (30), pp. 101–107, DOI: 10.31677/2072-6724-2020-30-4-101-107, EDN: MEIAUL. (In Russ.)
4. Gaponov N.V. *Zootekhnika*, 2023, No. 2, pp. 23–27, DOI: 10.25708/ZT.2023.95.24.006, EDN: VASNEP. (In Russ.)
5. Gemedé H.F., Ratta N., Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects, *Int. J. Nutr. Food Sci*, 2014, Vol. 3, P. 284–289.
6. Gomes F., Rema P., Kaushik S.J., Replacement of fishmeal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance, *Aquaculture*, 1995, Vol. 130, Issue 2–3, P. 177–186.
7. Ugolev A.M. *Evoluciya pishchevareniya i principy evolyucii funkciy* (Evolution of digestion and principles of evolution of function), Leningrad: Nauka, 1985, 554 p.
8. Shcherbina M.A. *Kormlenie ryb v presnovodnoj akvakul'ture* (Feeding fish in freshwater aquaculture), Moscow: VNIRO, 2006, 364 p.
9. Ugolev A.M. *Pishchevaritel'nye processy i adaptacii u ryb* (Digestive processes and adaptations in fish), St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1994, 239 p.
10. Artyuhov A.I., Gaponov N.V. Patent No. 2461211 C2 Rossijskaya Federaciya, MPK A23K 1/00. energosaharoproteinovyy koncentrat i sposob ego prigotovleniya: № 2010144896/13: zayavl. 02.11.2010: opubl. 20.09.2012, EDN: AUKXWM. (In Russ.)
11. Vlasov V.A. *Rybovodstvo i rybnoe hozyaistvo*, 2019, No. 1, pp. 123–130. (In Russ.)

12. Gaponov N.V., Neverova O.P., Harlap S.Yu. [et al.], Biochemical indicators of primate blood as a result of the inclusion of white lupine in diet structures, *Innovative Technologies in Agriculture: AIP conference proceedings*, International Scientific and Practical Conference, Orel, March 23–24 2022 g., 2023, Vol. 2921, Is. 1, P. 020003, DOI: 10.1063/5.0165004, EDN: QEUKDJ.
13. Ketola H.G. Amino acid nutrition of fishes: Requirements and supplementation of diets, *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular*, 1982, Vol. 16, 25 p.
14. Alekin O.A., Semyonov A.D., Skopincev B.A. *Rukovodstvo po himicheskomu analizu vody* (Guidelines for chemical analysis of water), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987, 385 p.
15. Kononskij A.I. *Gistohimiya* (Histochemistry), Moscow, 1976, 278 p.
16. Gaponov N.V., Loretts O.G., Neverova O.P., Effects of white lupine on hematological and morphophysiological parameters of rainbow trout, *BIO Web of Conferences*, 2024, Vol. 108, P. 01007, DOI: 10.1051/bioconf/202410801007, EDN: AQLCGW.
17. Gaponov N.V., Loretts O.G., Neverova O.P., The effect of plant protein high levels in feed on biometric and histopathological parameters of rainbow trout, *BIO Web of Conferences*, 2024, Vol. 108, P. 01006, DOI: 10.1051/bioconf/202410801006, EDN: DLHXRU.
18. Sklyarov V.Ya. *Korma i kormlenie ryb v akvakul'ture* (Feed and feeding of fish in aquaculture), Moscow: Izd-vo VNI-RO, 2008, 150 p.
19. Eggi E.E., Vishnevskaya M.S., Ageeva P.A. [i dr.], *Agrarnaya Rossiya*, 2012, No. 4, pp. 2–8, EDN: TMVKED. (In Russ.)
20. Shulman G.E., Love R.M. The Biochemical Ecology of Marine Fishes, *Advances in Marine Biology*, San Diego: Acad. Press, 1999, P. 36–351.
21. Livingstone D.R. Contaminant-stimulated reactive oxygen species production and oxidative damage in aquatic organisms, *Mar. Pollut. Bull.*, 2001, Vol. 42, No. 8, P. 656–666.
22. Morre M.N. Molecular and cellular pathology: summary, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 1992, P. 117–119.
23. Diagnostic Manual for Aquatic Animal Diseases, Office International des Epizooties, 4-th Ed, Paris: World Organization for Animal Health, 2003, Ch. 2.1.8.
24. Figueiredo-Silva A., Rocha E., Dias J. [et al.], Partial replacement of fish oil by soybean oil on lipid distribution and liver histology in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles, *Aquacult Nutr.*, 2005, Vol. 11, P. 147–155.
25. Borquez A., Serrano E., Dantagnan P. [et al.], Feeding high inclusion of whole grain white lupin (*Lupinus albus*) to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): effects on growth, nutrient digestibility, liver and intestine histology and muscle fatty acid composition, *Aquacul Res.*, 2011, Vol. 42, P. 1067–1078.
26. Ostroumova I.N. *Biologicheskie osnovy kormleniya ryb* (Biological basis of fish feeding), St. Petersburg, 2001, 372 p.

## ЭКСТЕНСИВНОСТЬ ИНВАЗИИ МЕТАЦЕРКАРИЯМИ *POSTODIPLOSTOMUM CUTICOLA* РЫБЫ, ВЫЛОВЛЕННОЙ В ВОДОЕМАХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ЛЕТОМ 2024 ГОДА

А.А. Касьянов, аспирант

Д.А. Никитин, доктор ветеринарных наук, доцент  
Чувашский государственный аграрный университет  
E-mail: Nikitin\_d\_a@mail.ru

**Ключевые слова:** постодиплостомоз, метацеркарии дигенетического сосальщика *Postodiplostomum cuticola*, экстенсивность инвазии, окунь, плотва, водная растительность, рыбающие птицы, брюхоногие моллюски.

**Реферат.** Рыба, выловленная рыбаками, в большинстве случаев не подвергается ветеринарно-санитарной экспертизе, и ее безопасность никем не контролируется. С учетом того, что существует множество заболеваний рыб, как минимум снижающих качество рыбной продукции, потребители рыбной продукции, ввиду неосведомленности, подвергают риску свое здоровье. Цель работы – анализ экстенсивности инвазии метацеркариями дигенетического сосальщика *Postodiplostomum cuticola* рыб, обитающих в водоемах Чувашской Республики. Исследование проведено в период с июня по сентябрь 2024 г. Объектами исследования были 10 водоемов Чувашской Республики и выловленная в них рыба разного видового состава в количестве 315 экземпляров. Установлено, что благополучны по постодиплостомозу оказались лишь 3 водоема, расположенные вблизи деревень Батеево, Старые Щелканы и Новое Муратово Урмарского муниципального округа Чувашской Республики, на остальных рыбакам в улове попадалась рыба, пораженная метацеркариями. Экстенсивность инвазии рыб зависела от вида, так в акваториях запруды реки Мусирма в окрестностях села Мусирмы и запруды реки Средний Аниш в окрестностях деревни Карак-Сирмы Урмарского муниципального округа больны постодиплостомозом были только окуни, а все выловленные экземпляры плотвы были свободны от метацеркарий. Кроме того, установлено, что экстенсивность инвазии сильно отличалась между разными, близко-расположенными участками акватории одного водоема, как, например, на пруду рядом с деревней Шихабылово Урмарского муниципального округа и запруде реки Аниш в окрестностях деревни Старое Ахпердино Канашского муниципального округа. Среди 315 выловленных рыб, поражены метацеркариями оказались 100 экземпляров, из которых 30 были признаны непригодными к употреблению в пищу. Планируем и далее проводить исследования по мониторингу экстенсивности инвазии метацеркариями дигенетического сосальщика *Postodiplostomum cuticola* рыб, обитающих в водоемах Приволжского федерального округа.

## THE EXTENT OF INVASION BY POSTODIPLOSTOMUM CUTICOLA METACERCARIAE OF FISH CAUGHT IN THE RESERVOIRS OF THE CHUVASH REPUBLIC IN THE SUMMER OF 2024

A.A. Kasyanov, PhD student

D.A. Nikitin, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor  
Chuvash State Agrarian University

**Keywords:** postodiplostomiasis, metacercariae of the digenetic fluke *Postodiplostomum cuticola*, extent of invasion, perch, roach, aquatic vegetation, fish-eating birds, gastropods.

**Abstracts.** Fish caught by fishermen, in most cases, are not subjected to veterinary and sanitary examination and their safety is not controlled by anyone. Given the fact that there are many fish diseases that at least reduce the quality of fish products, consumers of fish products, due to ignorance, put their health at risk. The aim of

*the work is to analyze the extent of invasion by metacercariae of the digenetic fluke Postodiplostomum cuticola of fish living in the reservoirs of the Chuvash Republic. The study was conducted between June and September 2024. The objects of the study were 10 reservoirs of the Chuvash Republic and fish caught on them of different species composition in the amount of 315 specimens. It was found that only 3 reservoirs located near the villages of Bateevo, Starye Shchelkan and Novoe Muratovo of the Urmar Municipal District of the Chuvash Republic turned out to be safe for postdiploidomiasis, while the rest of the fishermen catch fish affected by metacercariae. The extent of the fish invasion depended on the species, so in the waters of the Musirma River dam in the vicinity of the village of Musirma and the dam of the Sredny Anish River in the vicinity of the village of Karak-Sirma in the Urmar Municipal district, only perches were sick with postdiploidomiasis, and all caught specimens of roach were free of metacercariae. In addition, it was found that the extent of the invasion differed greatly between different, closely located areas of the water area of the same reservoir, such as on a pond near the village of Shihabylovo in the Urmar municipal district and the dam of the Anish River in the vicinity of the village of Staroe Akhperdino in the Kanash municipal district. Among the 315 fish caught, 100 were affected by metacercariae, of which 30 were found unfit for food. In general, it can be unambiguously concluded that the extent of invasion has a direct relationship with the characteristics of the reservoir, such as the nature of the bottom, depth, the presence of aquatic vegetation and fish-eating birds.*

Популярность рыбалки трудно переоценить, практически каждый человек в детстве ходил на рыбалку. Рыболовство имеет в регионах России важное социальное значение, среди населения имеется огромное число рыбаков, любителей и профессионалов. По официальной статистике, рыбаков-любителей, рыбачащих хотя бы 1 раз в год, в России насчитывается от 25 до 32 миллионов человек, то есть это почти каждый четвертый россиянин. Людей, рыбачащих хотя бы один-два раза в месяц – 12–15 миллионов (активные рыбаки). Профессиональных рыбаков, так называемых спортсменов, в России чуть больше 300 тысяч. Все рыбаки, и любители и профессионалы, часто задаются вопросами: куда пойти на рыбалку, в какое время, где обитает и ловится интересующая рыба, какие использовать снасти и приманку, безопасна ли выловленная рыба? [1–4].

Рыба, выловленная рыбаками, в большинстве случаев не подвергается ветеринарно-санитарной экспертизе, и ее безопасность никем не контролируется. С учетом того, что существует множество заболеваний рыб, как минимум снижающих качество рыбной продукции, потребители рыбной продукции, в виду неосведомленности, подвергают риску свое здоровье [5–9]. Одной из болезней гидробионтов, широко распространенных в водоемах Поволжья, является паразитарное заболевание постодиплостомоз, возбудители которого (метацеркарии дигенетического сосальщика) травмируют кожу и мышечные ткани рыб, приводят к нарушению обмена веществ, замедлению роста, деформации тела и искривлению позвоночника. В результате повышается смертность рыб, а качество рыбной продукции снижается, и она становится небезопасной для потребителей [10–13].

В контексте вышесказанного нами проводится работа по мониторингу экстенсивности инвазии метацеркариями дигенетического сосальщика *Postodiplostomum cuticola* рыб, вылавливаемых рыбаками-любителями в акваториях популярных у рыбаков водоемов Приволжского федерального округа. Имеющиеся к настоящему времени результаты свидетельствуют о том, что большинство обследованных водоемов неблагополучны по постодиплостомозу, и в них обитает пораженная метацеркариями рыба [14–16]. В статье представлены результаты обследования очередных 10 водоемов.

Целью работы являлся анализ экстенсивности инвазии метацеркариями дигенетического сосальщика *Postodiplostomum cuticola* рыб, обитающих в водоемах Чувашской Республики.

Исследование проведено в период с июня по сентябрь 2024 г. Объектами исследования стали 10 водоемов Чувашской Республики и выловленные в них окуни (*Perca fluviatilis*), плотва



(*Rutilus rutilus*) и караси (*Carassius gibelio*), в общем количестве 315 экземпляров. Локализация мест лова рыбы приведена в таблице 1.

Был проведен контрольный лов рыбы, тщательный её осмотр, дана санитарная оценка каждой выловленной особи. В случае выявления характерных признаков постодиплостомоза для определения метацеркарий дигенетического сосальщика *Postodiplostomum cuticola* и подтверждения диагноза проводили микроскопическое исследование. Зараженность рыбы трематодами *Postodiplostomum cuticola* устанавливали компрессорным методом. Трематод *Postodiplostomum cuticola* определяли, вырезая бугорки черного цвета, выступающие над поверхностью тела рыбы, высвобождая капсулы, содержащие метацеркарии.

Экстенсивность инвазии метацеркариями и результаты санитарной оценки рыбы приведены в таблице.

**Локализация водоемов, экстенсивность инвазии метацеркариями и санитарная оценка выловленной рыбы**  
**Localization of water bodies, intensity of metacercariae infestation and sanitary assessment of caught fish**

| Водоем<br>№ | Координаты<br>водоема   | Вид<br>рыбы | Кол-во,<br>вылов-<br>ленных<br>рыб, шт | Здоровые<br>особи,<br>шт. | Пораженные метацеркариями<br>особи, шт. |                     |                            | Экстенсив-<br>ность инва-<br>зии, % |
|-------------|-------------------------|-------------|----------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------------------|
|             |                         |             |                                        |                           | всего                                   | пригодные<br>в пищу | непри-<br>годные в<br>пищу |                                     |
| 1 А         | 55.746349,<br>47.846722 | окунь       | 15                                     | 13                        | 2                                       | 2                   | 0                          | 13,33                               |
| 1 Б         |                         | окунь       | 12                                     | 3                         | 9                                       | 9                   | 0                          | 75,00                               |
| 2           | 55.673414,<br>47.810969 | окунь       | 17                                     | 17                        | 0                                       | 0                   | 0                          | 0,00                                |
|             |                         | плотва      | 8                                      | 8                         | 0                                       | 0                   | 0                          | 0,00                                |
| 3 А         | 55.481028,<br>47.599162 | окунь       | 8                                      | 8                         | 0                                       | 0                   | 0                          | 0,00                                |
| 3 Б         |                         | окунь       | 25                                     | 18                        | 7                                       | 7                   | 0                          | 28,00                               |
| 4           | 55.539027,<br>47.600495 | окунь       | 34                                     | 4                         | 30                                      | 0                   | 30                         | 88,24                               |
| 5           | 55.625786,<br>47.999886 | окунь       | 23                                     | 16                        | 7                                       | 7                   | 0                          | 30,43                               |
|             |                         | плотва      | 12                                     | 12                        | 0                                       | 0                   | 0                          | 0,00                                |
|             |                         | карась      | 5                                      | 5                         | 0                                       | 0                   | 0                          | 0,00                                |
| 6           | 55.716768,<br>48.125467 | окунь       | 43                                     | 22                        | 21                                      | 21                  | 0                          | 48,84                               |
| 7           | 55.651476,<br>48.016942 | окунь       | 38                                     | 38                        | 0                                       | 0                   | 0                          | 0,00                                |
| 8           | 55.822498,<br>48.206268 | окунь       | 23                                     | 12                        | 11                                      | 11                  | 0                          | 47,83                               |
| 9           | 55.601835,<br>48.053356 | окунь       | 13                                     | 13                        | 0                                       | 0                   | 0                          | 0,00                                |
| 10          | 55.734512,<br>47.746871 | окунь       | 27                                     | 14                        | 13                                      | 13                  | 0                          | 48,15                               |
|             |                         | плотва      | 12                                     | 12                        | 0                                       | 0                   | 0                          | 0,00                                |
| ИТОГО:      |                         |             | 315                                    | 215                       | 100                                     | 70                  | 30                         |                                     |

В работе рассмотрены некоторые условия, которые, по мнению авторов, могут влиять на показатели экстенсивности инвазии рыбы паразитами, в частности *Postodiplostomum cuticola*.



Рис. 1. Водоем около деревни Шихабылово Урмарского МО ЧР  
Fig. 1. Water body near the village of Shikhabilovo, Urmarskiy Municipality of the Czech Republic

Водоем рядом с деревней Шихабылово Урмарского муниципального округа Чувашской Республики (географические координаты 55.746349, 47.846722) имеет глубоководную акваторию в области дамбы с фоновой глубиной до 5 м и мелководный хвостовой участок с глубиной, не превышающей 1 м. В области дамбы (№ 1 А в табл. и А на рис. 1) было поймано 15 окуней, 2 из которых были поражены метацеркариями дигенетического сосальщика *Postodiplostomum cuticola* (экстенсивность инвазии 13,33 %). На мелководье (№ 1 Б в табл. и Б на рис.) было выловлено 12 особей окуня, среди которых больны постодиплостомозом оказались 9 (экстенсивность инвазии 75 %). Налицо разница экстенсивности инвазии выловленной рыбы на столь рядом расположенных участках акватории одного водоема. В качестве одной из причин такого различия можно рассматривать определённые параметры разных частей водоёма: дно мелководного участка илистое с большим количеством водной растительности, то есть здесь сформировались оптимальные условия для обитания первого (брюхоногие моллюски) и второго (молодь рыбы) промежуточных хозяев паразита.

Водоем, расположенный вблизи деревни Батеево Урмарского муниципального округа Чувашской Республики (географические координаты 55.673414, 47.810969), имеет относительно большую глубину и редкую водную растительность на ограниченных участках дна. В непосредственной близости от водоема отсутствовали деревья и кустарники и не были замечены рыбацкие птицы. В данном водоеме рыб, больных постодиплостомозом, выловлено не было. Все 17 экземпляров окуня и 8 плотвы (№ 2 в табл.) были свободны от метацеркарий.

Запруда реки Аниш в окрестностях деревни Старое Ахпердино Канашского муниципального округа Чувашской Республики (географические координаты 55.481028, 47.599162) характеризуется большой площадью акватории и наличием основного глубоководного участка (фоновая глубина до 5–6 м) и нескольких мелководных ответвлений глубиной до 1,5 м. Дно основного участка водоема свободно от водной растительности и все 8 пойманных здесь окуней были свободны от метацеркарий (№ 3 А в табл. и А на рис. 2). На дне мелководных ответвлений имеется водная растительность, кроме того, были замечены рыбацкие птицы, охотящиеся в данной акватории. Среди 25 экземпляров окуня, пойманных на разных мелководных участках (№ 3 Б в табл. и Б на рис. 2), встретились больные особи в количестве 7 штук (экстенсивность инвазии 28 %).



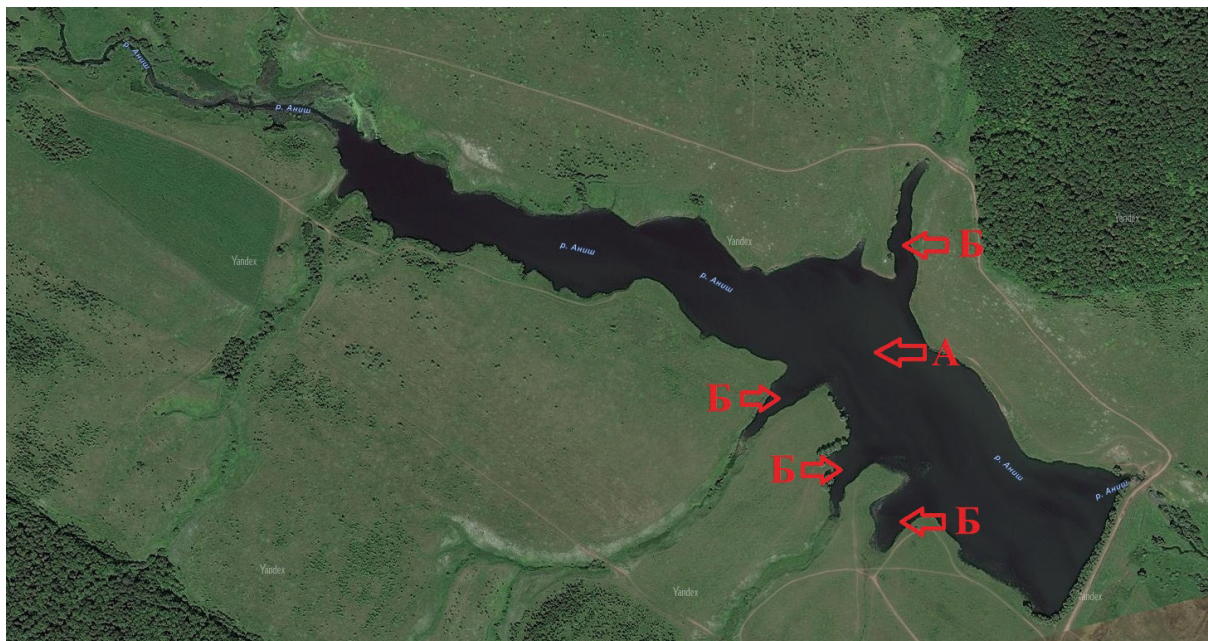


Рис. 2. Запруда реки Аниш в окрестностях деревни Старое Ахпердино

Fig. 2. Anish River dam in the vicinity of the village of Staroye Akhpardino

Водоем в деревне Новые Турмыши Канашского муниципального округа Чувашской Республики (географические координаты 55.539027, 47.600495) мелководный, глубина не превышает 2 м и все дно покрыто обильной водной растительностью. В жаркую погоду на водоеме присутствует неприятный запах цветения воды и разложения водорослей. Предположение о неблагополучии водоема, основанное на указанных характеристиках, подтвердилось: среди 34 пойманных окуней 30 были больны постодиплостомозом (экстенсивность инвазии 88,24 %) и признаны непригодными к употреблению в пищу (№ 4 в табл.) по причине несоответствия требуемым органолептическим показателям; у рыбы имелся неприятный запах.

Акватория запруды реки Мусирма в окрестностях села Мусирмы Урмарского муниципального округа Чувашской Республики (географические координаты 55.625786, 47.999886) характеризуется фоновой глубиной до 5–7 м. Водная растительность присутствует в небольшом количестве только в береговой зоне. Было выловлено 23 особи окуня, 12 – плотвы и 5 – карася, среди которых поражены метацеркариями *Postodiplostomum cuticola* оказались только 7 экземпляров (30,43 %) окуня (№ 5 в табл.).

Сисперварское водохранилище Урмарского муниципального округа Чувашской Республики (географические координаты 55.716768, 48.125467) имеет большую площадь акватории вытянутой формы. Основная часть водоема глубоководная, но имеется большое число мелководных участков в береговой зоне, где и были выловлены все 43 экземпляра окуня, 21 из которых (48,84 %) был поражен метацеркариями (№ 6 в табл.). На глубоководных участках вылова рыбы не было, что, скорее всего, связано с тем, что водоем питается большим числом подводных ключей, обеспечивающих низкую температуру воды, и тюлька, которая является основной добычей окуней, обитает в прибрежной мелководной зоне с более высокой температурой воды и наличием на дне водной растительности, куда, в свою очередь, и привлекает окуня. Кроме того, наличие большого количества тюльки создает благоприятные условия для обитания окончательного хозяина паразита – рыбоядных птиц (в том числе серой цапли), которые на данном водоеме гнездятся в большом количестве, что также может являться одной из причин высокой экстенсивности инвазии рыб.





Рис. 3. Пруд около деревни Старые Щелканы Урмарского МО ЧР

Fig. 3. Pond near the village of Starye Shchelkany in the Urmarsky Municipal District of the Czech Republic

Водоем вблизи деревни Старые Щелканы Урмарского муниципального округа Чувашской Республики (географические координаты 55.651476, 48.016942) привлек наше внимание тем, что в хвостовой части его акватории имеется небольшой островок, окруженный мелководными участками глубиной до 1,5 м (А на рис. 3). Основная часть водоема имеет глубину 5–7 м, водной растительности практически нет, даже на мелководных участках вокруг островка. Именно в мелководной зоне около этого островка и были выловлены 38 окуней которые все были свободны от метацеркарий (№ 7 в табл.). На основной глубоководной части водоема рыбу выловить не удалось, что, возможно, объясняется тем, что мальки рыб – основная добыча для хищных видов – сосредоточены большей частью на мелководье в районе островка, и окунь активно охотится именно здесь: в момент, когда выглядывало солнце, на поверхности была замечена бурная активность окуня, который питался греющимися на солнце мальками.



Рис. 4. Запруда реки Кидемлесирма в районе деревни Карцев-Починок Козловского МО ЧР

Fig. 4. The dam of the Kidemlesirma River near the village of Kartsev-Pochinok in the Kozlovsky Municipality of the Czech Republic



Запруда реки Кидемлесирма в окрестностях деревни Карцев-Починок Козловского муниципального округа Чувашской Республики (географические координаты 55.822498, 48.206268) интересна тем, что основная её часть глубоководная, достигает 5–7 м, в хвостовой области имеется мелководный залив глубиной до 1,5 м с резкой границей перепада глубины, которая отчетливо прослеживается на спутниковой карте (А на рис. 4). Дно мелководного участка илистое, с большим количеством водной растительности. На берегу имеется много деревьев и кустарников. Окунь был выловлен в основном на границе мелководного и глубоководного участков, где он охотился. Малая глубина, наличие обильной водной растительности и благоприятные условия для обитания окончательных хозяев паразита, – все эти условия могут быть в числе тех причин, которые в итоге предопределили неблагополучие водоема по постодиплостомозу (№ 8 в табл.). Среди 23 пойманных окуней поражены метацеркариями оказались 11 экземпляров (экстенсивность инвазии 47,83 %).

Небольшой глубоководный водоем вблизи деревни Новое Муратово Урмарского муниципального округа Чувашской Республики (географические координаты 55.601835, 48.053356) находится в непосредственной близости к лесному массиву. Несмотря на наличие деревьев и кустарников, создающих благоприятные условия для обитания рыбоядных птиц (окончательных хозяев паразита), все выловленные 13 окуней оказались свободными от метацеркарий дигенетического сосальщика (№ 9 в табл.). Благополучие водоема наблюдается на фоне тех обстоятельств, что вода в водоеме холодная, дно глинистое, без водной растительности, то есть сформировались условия, неблагоприятные для обитания и размножения первого промежуточного хозяина паразита – брюхоногих моллюсков.

Запруда реки Средний Аниш в окрестностях деревни Карак-Сирмы Урмарского муниципального округа Чувашской Республики (географические координаты 55.734512, 47.746871) имеет большую глубину, до 8 м, но при этом пологие берега и, соответственно, относительно мелководные участки в прибрежной зоне. Дно илистое, с небольшим количеством водной растительности. В непосредственной близости от водоема имеется много деревьев и кустарников, в которых гнездится большое число рыбоядных птиц (в том числе серые цапли). Все вышеперечисленные обстоятельства можно отнести к числу предопределяющих неблагополучие акватории водоема по постодиплостомозу (№ 10 в табл.). Среди 27 особей окуня и 12 плотвы, поражены метацеркариями оказались 13 экземпляров окуня (экстенсивность инвазии 48,15 %).

Таким образом, обследованием 10 популярных среди рыбаков мест лова рыбы установлено, что благополучны по постодиплостомозу оказались лишь 3 водоема, расположенные вблизи деревень Батеево, Старые Щелканы и Новое Муратово Урмарского муниципального округа Чувашской Республики, на остальных рыбакам в улове попадает рыба, пораженная метацеркариями. Экстенсивность инвазии рыб зависела от вида, так в акваториях запруды реки Мусирма в окрестностях села Мусирмы и запруды реки Средний Аниш в окрестностях деревни Карак-Сирмы Урмарского муниципального округа больны постодиплостомозом оказались только окуни, а все выловленные экземпляры плотвы были свободны от метацеркарий. Кроме того, установлено, что экстенсивность инвазии сильно отличалась между разными близкорасположенными участками акватории одного водоема, как, например, на пруду рядом с деревней Шихабылово Урмарского муниципального округа и запруде реки Аниш в окрестностях деревни Старое Ахпердино Канашского муниципального округа. Среди 315 выловленных рыб поражены метацеркариями оказались 100 экземпляров, из которых 30 были признаны непригодными к употреблению в пищу по причине несоответствия органолептическим показателям. В целом итоги анализа позволяют сделать предположение, что экстенсивность инвазии имеет взаимосвязь с характеристиками водоема, такими как глубина, наличие водной растительности и рыбоядных птиц. Для подтверждения теории, предполагающей влияние перечисленных параметров на санитарно-эпизоотическое состояние водоёма, необходимы дальнейшие натурные исследования, включающие изучение множества сопутствующих факторов, касающихся

ся как окончательных хозяев паразита (рыбоядных птиц), состояния и состава водной растительности, так и различных характеристик обитающих в водоёмах рыб. Планируется и далее вести соответствующие исследования по мониторингу экстенсивности инвазии метацеркариями дигенетического сосальщика *Posthodiplostomum cuticola* рыб, обитающих в водоемах Приволжского федерального округа.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адаев Т.О. Оценка роли спортивно-любительского рыболовства на ихтиоценоз водохранилища Шардара // Наука и образование. – 2022. – № 4–3 (69). – С. 114–121. – DOI: 10.56339/2305-9397-2022-4-3-114-122.
2. Балашов Е.В., Кулишов Д.А. Любительское рыболовство как проблема предпринимательской деятельности // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – № 9–2 (84). – С. 66–68. – DOI: 10.24412/2500-1000-2023-9-2-66-68.
3. Исмуханов Х.К., Сансызбаев Е.Т., Макамбетов С.Ж. Развитие любительского (спортивного) рыболовства как один из перспективных путей рационального использования промысловых запасов рыбохозяйственных водоемов // Central Asian Scientific Journal. – 2023. – № 2 (17). – С. 3–17.
4. Анализ состояния рыбоводных хозяйств и рыбопромысловых водоёмов Краснодарского края по заразным болезням прудовых рыб / А.М. Медведева, А.А. Лысенко, О.Ю. Черных [и др.] // Ветеринария Кубани. – 2021. – № 1. – С. 26–29. – DOI: 10.33861/2071-8020-2021-1-26-29.
5. Ананьев И.С. Организация ветеринарного обслуживания рыбоводческих предприятий Республики Татарстан // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2019. – Т. 240, № 4. – С. 16–20. – DOI: 10.31588/2413-4201-1883-240-4-16-20.
6. Фауна трематод рыб в водохранилищах Европейской части России / Н.Н. Романова, Н.А. Головина, А.А. Вишторская [и др.] // Российский паразитологический журнал. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 28–42. – DOI: 10.31016/1998-8435-2023-17-1-28-42.
7. Минеева О.В., Рубанова М.В. Постодиплостомоз карповых рыб (Pisces, Cyprinidae) в Саратовском водохранилище // Вода: химия и экология. – 2019. – № 3–6. – С. 73–77.
8. Возможности использования баз данных мониторинга ихтиофауны внутренних водоемов для принятия управленческих решений по организации мелиоративных мероприятий / Е.А. Зюзина, А.Н. Михайлов, К.В. Наход [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2018. – № 3 (146). – С. 52–60.
9. Головина Н.А., Романова Н.Н., Головин П.П. Эколого-фаунистический анализ паразитов рыб Белгородского и Старооскольского водохранилищ // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2017. – № 11 (260). – С. 51–64.
10. Паразиты пресноводной рыбы и рыбопродукции, представленной на рынке Беларуси / И.М. Почницкая, И.Е. Лобазова, Т.А. Говор [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2018. – № 7 (150). – С. 47–55.
11. Показатели заражённости воблы (*Rutilus rutilus caspicus*) постодиплостомозом в Аграханском заливе Каспийского моря / З.А. Хасбулатова, Э.З. Давудова, Х.А. Гацайниева [и др.] // Проблемы развития АПК региона. – 2022. – № 4 (52). – С. 180–185. – DOI: 10.52671/20790996\_2022\_4\_180.
12. Современные данные по эпизоотическому состоянию рыбохозяйственных водоемов и рыбоводных хозяйств Тюменской области / Я.А. Капустина, А.С. Осипов, В.Я. Ширшов [и др.] // Вестник рыбохозяйственной науки. – 2017. – Т. 4, № 3 (15). – С. 84–95.
13. Бонина О.М., Удальцов Е.А., Борцова М.С. Обнаружение *Posthodiplostomum cuticola* (Nordmann, 1832) у рыб в водоемах Новосибирской области // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – 2023. – № 24. – С. 100–104. – DOI: 10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.100-104.
14. Мониторинг экстенсивности инвазии метацеркариями рыб, выловленных осенью 2022 года в водоемах Республики Чувашия и реке Волга / А.А. Касьянов, Д.А. Никитин, Н.И. Косяев [и др.] // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4 (23). – С. 27–34. – DOI: 10.48612/vch/mpd8-gg8x-at1n.
15. Экстенсивность инвазии метацеркариями рыб, обитающих в водоемах Приволжского федерального округа, популярных среди рыбаков / А.А. Касьянов, Д.А. Никитин, Н.И. Косяев [и др.] // Вестник

Чувашского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (25). – С. 111–118. – DOI: 10.48612/vch/6k16-n73v-mm8b.

16. *Экстенсивность* инвазии метацеркариями и ветеринарно-санитарная оценка рыбы, выловленной в водоемах среднего Поволжья / Д.А. Никитин, В.Г. Семенов, А.А. Юлдашев [и др.] // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2 (21). – С. 48–54. – DOI: 10.48612/vch/tu11-ffun-a2x1.

## REFERENCES

1. Adaev T.O. *Nauka i obrazovanie*, 2022, No. 4–3 (69), pp. 114–121, DOI: 10.56339/2305-9397-2022-4-3-114-122. (In Russ.)
2. Balashov E.V., Kulishov D.A., *Mezhdunarodny`j zhurnal gumanitarny`x i estestvenny`x nauk*, 2023, No. 9–2 (84), pp. 66–68, DOI: 10.24412/2500-1000-2023-9-2-66-68. (In Russ.)
3. Ismukanov X.K., Sansy`zbaev E.T., Makambetov S.Zh., *Central Asian Scientific Journal*, 2023, No. 2 (17), pp. 3–17.
4. Medvedeva A.M., Ly`senko A.A., Cherny`x O.Yu. [i dr.], *Veterinariya Kubani*, 2021, No. 1, pp. 26–29, DOI: 10.33861/2071-8020-2021-1-26-29. (In Russ.)
5. Anan`ev I.S. *Ucheny`e zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy mediciny` im. N.E. Bauman*, 2019, Vol. 240, No. 4, pp. 16–20, DOI: 10.31588/2413-4201-1883-240-4-16-20. (In Russ.)
6. Romanova N.N., Golovina N.A., Vishtorskaya A.A. [i dr.], *Rossiyskij parazitologicheskij zhurnal*, 2023, Vol. 17, No. 1, pp. 28–42, DOI: 10.31016/1998-8435-2023-17-1-28-42. (In Russ.)
7. Mineeva O.V., Rubanova M.V., *Voda: ximiya i e`kologiya*, 2019, No. 3–6, pp. 73–77. (In Russ.)
8. Zyuzina E.A., Mixajlov A.N., Naxod K.V. [i dr.], *Ry`bovodstvo i ry`bnoe xozyajstvo*, 2018, No. 3 (146), pp. 52–60. (In Russ.)
9. Golovina N.A., Romanova N.N., Golovin P.P., *Nauchny`e vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvenny`e nauki*, 2017, No. 11 (260), pp. 51–64. (In Russ.)
10. Pochiczka I.M., Lobazova I.E., Govor T.A. [i dr.], *Ry`bovodstvo i ry`bnoe xozyajstvo*, 2018, No. 7 (150), pp. 47–55. (In Russ.)
11. Xasbulatova Z.A., Davudova E.Z., Gaczajnieva X.A. [i dr.], *Problemy` razvitiya APK regiona*, 2022, No. 4 (52), pp. 180–185, DOI: 10.52671/20790996\_2022\_4\_180. (In Russ.)
12. *Sovremenny`e danny`e po e`pizooticheskomu sostoyaniyu ry`boxozyajstvenny`x vodoemov i ry`bovodny`x xozyajstv Tyumenskoj oblasti* / Ya.A. Kapustina, A.S. Osipov, V.Ya. Shirshov [i dr.] // *Vestnik ry`boxozyajstvennoj nauki*. – 2017. – Т. 4, № 3 (15). – С. 84–95. (In Russ.)
13. Bonina O.M., Udal`czov E.A., Borczova M.S., *Teoriya i praktika bor`by` s parazitarny`mi boleznyami*, 2023, No. 24, pp. 100–104, DOI: 10.31016/978-5-6048555-6-0.2023.24.100-104. (In Russ.)
14. Kas`yanov A.A., Nikitin D.A., Kosyaev N.I. [i dr.], *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, No. 4 (23), pp. 27–34, DOI: 10.48612/vch/mpd8-gg8x-at1n. (In Russ.)
15. Kas`yanov A.A., Nikitin D.A., Kosyaev N.I. [i dr.], *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023, No. 2 (25), pp. 111–118, DOI: 10.48612/vch/6k16-n73v-mm8b. (In Russ.)
16. Nikitin D.A., Semenov V.G., Yuldashev A.A. [i dr.], *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, No. 2 (21), pp. 48–54, DOI: 10.48612/vch/tu11-ffun-a2x1. (In Russ.)



**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ЗЕМЛЕДЕЛИИ, АГРОХИМИИ, СЕЛЕКЦИИ  
И СЕМЕHOBOДСТВЕ**

**RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN  
AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, BREEDING  
AND SEED PRODUCTION**

УДК 631.432.2:519.2

DOI:10.31677/2311-0651-2024-46-4-91-102

**НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАПАСОВ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ  
В ПОЧВЕ ПЕРЕД ПОСЕВОМ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

**Т.А. Кизимова**, младший научный сотрудник

**Н.В. Васильева**, кандидат биологических наук,  
старший научный сотрудник

**В.А. Шпак**, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН*

E-mail: tanya.luzhnykh@mail.ru

**Ключевые слова:** почвенная влага, прогноз, нейронная сеть, зерновые культуры.

**Реферат.** Почвенные запасы влаги являются одним из основных факторов, влияющих на рост и развитие растений в период вегетации. Поэтому их предварительная оценка играет большую роль при планировании агротехнических мероприятий на весенний-летний период, что, в свою очередь, влияет на урожайность и в целом на эффективность сельскохозяйственного производства. В статье предложен метод прогнозирования запасов влаги в метровом слое почвы перед посевом зерновых культур, основанный на построении и обучении искусственной нейронной сети (ИНС). Для построения нейронной сети использовали данные многофакторного полевого опыта СибНИИЗиХ СФНЦА РАН (центральная лесостепь). Данные включают результаты исследований агрофизических и агрохимических показателей почвы в четырёхпольном зернопаровом севообороте с 1996 по 2018 г. Построенная нейросеть имеет архитектуру многослойного персептрона, состоящего из входного, скрытого и выходного слоя. Входной слой принимает данные в виде предикторов, а именно: предшественник, способ обработки почвы, погодные условия, осенний запас продуктивной влаги предшествующего года, – т. е. факторы, влияющие на прогнозируемую переменную. В скрытом слое происходит преобразование и обработка входных данных, выходной слой генерирует прогноз модели. Разработанная нейронная сеть продемонстрировала достаточно высокую точность прогнозирования. Общий процент достоверно прогнозируемых наблюдений составил 80,6 %. ROC-анализ, проведенный для оценки предсказательной способности нейросети, показал, что площадь под кривой ROC для каждой категории была близкой к 1. Это свидетельствует о том, что нейронная сеть имеет высокую предсказательную силу и способна точно определять различные категории целевого показателя.

**NEURAL NETWORK FORECASTING OF PRODUCTIVE MOISTURE RESERVES  
IN SOIL BEFORE SOWING GRAIN CROPS**

**T.A. Kizimova**, Junior Researcher

**N.B. Vasilieva**, PhD in Biological Sciences, Senior Researcher

**V.A. Shpak**, PhD in Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher  
*Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies RAS*



**Keywords:** soil moisture, prediction, neural network, grain crops.

**Abstracts.** Soil moisture reserves are one of the main factors limiting the growth and development of plants during the vegetation period of agricultural crops, their preliminary assessment plays a major role in the planning of agrotechnical measures for the spring - summer period, which in turn affects the yield and efficiency of agricultural production. The article proposes a method of predicting moisture content in a meter layer of soil before sowing grain crops, based on the construction and training of an artificial neural network. To build an artificial neural network we used the data of multifactorial field experience of the Siberian Research Institute of Crop Production of SFNCA RAS (central forest-steppe). The data include the results of studies of agrophysical and agrochemical factors in a four-field grain-fallow crop rotation from 1996 to 2018. The constructed artificial neural network has the architecture of a multilayer perceptron consisting of an input, hidden and output layer. The input layer accepts data in the form of predictors, namely: predecessor, tillage method, weather conditions, autumn productive moisture reserve of the previous year, i. e. factors affecting the predicted variable. The hidden layer transforms and processes input data, while the output layer generates model predictions. The developed artificial neural network demonstrated a fairly high accuracy of forecasting. The total percentage of reliably predicted observations was 80.6 %. The ROC analysis performed to evaluate the predictive ability of the neural network showed that the area under the ROC curve for each category was close to 1. This indicates that the neural network has high predictive power and is able to accurately identify the different categories of the target indicator.

Продуктивная влага в почве является важнейшим фактором, от которого зависит состояние и урожайность сельскохозяйственных культур. Все жизненные процессы в растениях протекают с участием воды, которую они потребляют непрерывно, с водой в растения поступают все необходимые питательные вещества. Запасы продуктивной влаги в почве в полевых условиях формируются в основном за счёт атмосферных осадков [1].

Зерновые культуры в критические фазы развития особенно чувствительны к недостатку влаги. При дефиците осадков в эти периоды растения для своей вегетации активно используют запасы продуктивной влаги почвы (ЗПВ). Из-за недостатка влаги нарушается развитие вегетативных и генеративных органов растений, что приводит к значительному снижению урожайности [2–7].

Оптимальный уровень влажности почвы, необходимый для нормального развития сельскохозяйственных культур, в частности зерновых, находится в пределах 60–80 % наименьшей влагоёмкости, ЗПВ выше 130–160 мм в метровом слое почвы соответствуют хорошим и очень хорошим запасам и обеспечивают формирование более высокой продуктивности. Эти показатели варьируют в зависимости от физических свойств почвы, её водоудерживающей способности [8].

Исследованиями СибНИИЗХим установлено, что в лесостепи Приобья на чернозёмах выщелоченных в условиях сильной засухи вегетационного периода при стартовом ЗПВ не более 100 мм в слое почвы 0–100 см (в зависимости от уровня интенсификации) можно рассчитывать на получение урожайности пшеницы не более 1,3 т/га; при запасах влаги 140 мм – от 2,0 до 2,4 т/га; при 180 мм – от 2,3 до 2,8 т/га [9]. Если в период вегетации яровой пшеницы выпадает среднемноголетняя норма осадков, то эти величины соответственно составляют: 2,1–2,5 т/га, 2,8–3,7 т/га и 2,9–4,0 т/га; при двух среднемноголетних нормах осадков: 3,0–3,6 т/га, 2,9–3,9 т/га и 3,5–4,4 т/га.

Данные о величине ЗПВ в метровом слое почвы позволяют планировать урожайность сельскохозяйственных культур, принимать эффективные управленческие решения при выборе агротехнических мероприятий (применение и корректировка доз удобрений, средств защиты растений, обработка почвы и др.), тем самым эффективно использовать ресурсы хозяйства. Поэтому заблаговременное определение ЗПВ в почве перед посевом сельскохозяйственных культур не теряет своей актуальности на современном этапе развития аграрных технологий.

В полевых условиях для оценки влажности почвы чаще всего используют термостатно-весовой метод, суть которого заключается в отборе почвенных проб по слоям почвы на глубину 100 см специальным буром и дальнейшей сушки почвенных образцов в лаборатории [10]. Однако этот процесс требует значительных временных и финансовых затрат, что делает этот метод не всегда применимым. Существует необходимость в разработке удобных в использовании инструментов, менее трудоемких, более экономичных, доступных для широкого применения в сельскохозяйственной практике. В связи с активным развитием цифровых технологий в сельском хозяйстве для оптимизации и автоматизации процесса оценки влажности почвы стали внедрять усовершенствованные методы. Они включают использование автоматизированных систем измерения, датчиков, сенсоров, спутниковых наблюдений (GPS, ГЛОНАСС), технологий ГИС, компьютерной техники, искусственного интеллекта, предиктивной аналитики [11–15].

Например, сенсоры, размещённые непосредственно в почве, могут в режиме реального времени передавать данные о её влажности, что позволяет аграриям принимать решения оперативно. Спутниковые системы и ГИС-технологии обеспечивают мониторинг состояния почвы на больших территориях. Использование искусственного интеллекта и предиктивной аналитики позволяет прогнозировать изменения влажности почвы с высокой точностью, что способствует оптимизации агротехнических мероприятий [16–21].

В настоящее время со стороны научного сообщества растёт интерес к технологиям искусственного интеллекта (ИИ), в том числе и в сельском хозяйстве. Методы ИИ, в частности – алгоритмы машинного обучения и искусственные нейронные сети (ИНС), позволяют извлекать полезную информацию из большого потока исторических данных и текущих параметров, поступающих из разных источников (датчики на полях, спутниковые снимки, дроны, метеостанции, почвенные анализаторы, мобильные устройства фермеров), выявлять в них скрытые закономерности и использовать эти знания для прогнозирования, моделирования условий и событий, происходящих в агроэкосистемах. В отличие от классических математических и физических моделей, ИНС обладают высокой способностью к нелинейному моделированию, могут одновременно учитывать большое количество входных данных разных типов, что позволяет моделям нейронных сетей быть более адаптивными и точными [22, 23]. Однако такие подходы в отечественной сельскохозяйственной практике находятся на ранней стадии развития и недостаточно интенсивно изучены [24].

Данная работа направлена на исследование возможностей и перспектив использования ИНС для прогнозирования почвенных запасов влаги.

Цель исследований – создать искусственную нейронную сеть (ИНС) для прогнозирования запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см перед посевом зерновых культур, оценить прогностические способности построенной ИНС.

В качестве объекта исследования выступали многолетние экспериментальные данные Сибирского научно-исследовательского института земледелия и химизации сельского хозяйства по изучению эффективности различных систем основной обработки почвы в зернопаровом 4-польном севообороте за 1996–2018 гг. Территория опытных участков относится к центральной лесостепи Приобья, почвенный покров представлен чернозёмом выщелоченным. С 1996 по 2006 г. схема севооборота имела вид: 1 – пар чистый, 2 – озимая рожь, 3 – яровая пшеница, 4 – яровая пшеница. С 2007 по 2018 г. набор культур в севообороте изменился: 1 – пар, 2 – яровая пшеница, 3 – яровая пшеница, 4 – яровая пшеница.

При построении ИНС использовалась выборка данных из 320 наблюдений. Зависимую переменную ЗПВ рассматривали как категориальную, разделив значения запасов влаги в слое почвы 0–100 см (к моменту посева зерновых культур) на 4 категории: 0 – очень хорошие запасы (выше 160 мм); 1 – хорошие запасы (130–160 мм); 2 – удовлетворительные запасы (90–130 мм); 3 – плохие запасы (менее 90 мм). На основании предварительного анализа данных

были определены предикторы модели – независимые переменные (факторы оказывающее непосредственное влияние на ЗПВ):

- варианты основной обработки почвы, 4 категории: 0 – нулевая обработка (без зяблевой обработки), 1 – минимальная обработка (плоскорезная обработка на глубину 10–12 см под все культуры ежегодно), 2 – безотвальная обработка (безотвальное рыхление стойками СибИМЭ под 1-ю и 3-ю культуры на глубину 20–22 см и под 2-ю – на 25–27 см), 3 – вспашка (под 1-ю и 3-ю культуру – на 20–22 см, под 2-ю – на 25–27 см);

- поскольку в полевом опыте применялся четырёхпольный зернопаровой севооборот, то он характеризовался вектором из 4 показателей: предшественник 1 года (Пр1), предшественник 2 года (Пр2), предшественник 3 года (Пр3), предшественник 4 года (Пр4); каждый из предшественников описывается 5-тью категориями: 0 – чистый пар, 1 – первая пшеница, 2 – вторая пшеница, 3 – третья пшеница, 4 – озимая рожь;

- агроклиматические показатели: сумма активных температур  $> 0^{\circ}\text{C}$  (больше нуля градусов Цельсия), сумма осадков (мм) за периоды сентябрь – февраль, март – апрель;

- осенний ЗПВ в слое 0–100 см почвы предшествующего года;

Исходный массив данных был поделён на три множества: обучающее, тестовое и контрольное в отношении 15 : 3 : 1. Для оценки запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы применялась шкала, рекомендованная в отечественной почвоведческой практике [8].

Моделирование и обучение ИНС выполнялось с использованием аналитической платформы SPSS версии 26 [25].

При решении задач, где требуется прогнозировать значения целевой переменной, имеющей категориальный тип (принимая значения в виде градаций), приоритетно применение моделей нейронных сетей. Использование подходящих архитектур нейросетей позволяет получить оценки вероятности того, что целевая переменная относится к той или иной из определённых категорий. Для этого используются значения предикторов. В качестве конечной категории выбирается та, которая имеет наибольшую вероятность из множества возможных градаций ЗПВ [26].

Для решения рассматриваемой задачи прогноза запасов продуктивной влаги в настоящей работе применяется нейронная сеть с архитектурой многослойного персептрона (MLP). MLP – это нейронная сеть с прямой передачей сигнала. Она состоит из нескольких элементов:

- входные нейроны;
- один или несколько слоёв скрытых вычислительных нейронов;
- выходной слой нейронов.

По своей структуре MLP напоминает ориентированный граф, где вершины – это нейроны, а дуги – синаптические связи (веса) [26, 27].

Первый слой является входным, нейроны этого слоя воспринимают сигналы от предикторов (входных данных). Выходной слой сформирован из нейронов, воспринимающих результирующие выходные сигналы от предшествующих слоёв. Скрытые (вычислительные) слои преобразуют входящие сигналы в выходные с помощью подходящих активационных функций. Таким образом, исходные входные сигналы распространяются по сети в прямом направлении поочередно от слоя к слою.

Число скрытых слоёв и число нейронов подбирают экспериментально, путем оценки точности правильно классифицируемых наблюдений, получаемой на сетях различного размера, и выбора оптимальной по точности структуры. Вместе с выбором архитектуры сети необходимо определить функции активации нейронов скрытых и выходного слоёв. Типичными функциями активации являются функции softmax или гиперболического тангенса [26, 27].

Путем численных экспериментов и варьирования различных видов функций активации для выходного и промежуточных слоёв было построено несколько нейронных сетей с разным количеством скрытых слоёв. Лучшие результаты показала нейронная сеть с одним скры-

тым слоем, архитектура которой представлена на рисунке 1 (также для прогнозирования ЗПВ использовался метод мультиномиальной логистической регрессии, но полученная модель не имела адекватных результатов, точность прогнозов была очень низкой).

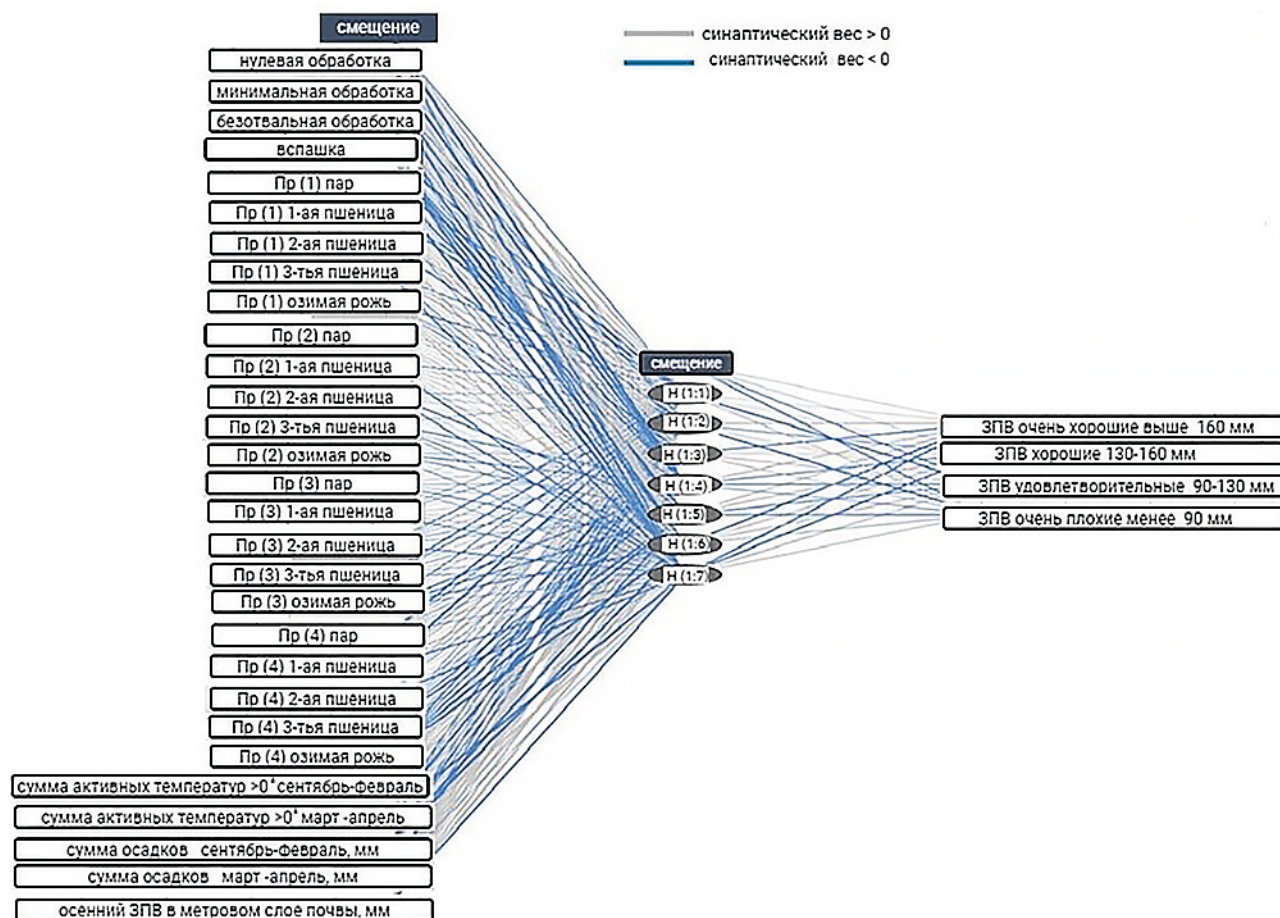


Рис. 1. Архитектура ИНС «многослойный персептрон»

Fig. 1. Architecture of the ANN «multilayer perceptron»

Как видно из рисунка 1, предложенная нейронная сеть имеет входной слой, состоящий из 29 нейронов, каждый из которых связан с соответствующим предиктором. Выходные сигналы от нейронов этого слоя передаются в следующий скрытый слой (состоит из 7 нейронов) как входные. В скрытом слое происходит обработка этих сигналов, и результаты этой обработки передаются в виде входных сигналов в 4 нейрона выходного слоя (возможные категории ЗПВ). В результате работы всего цикла генерируются значения вероятностей принадлежности для каждой возможной категории ЗПВ.

В скрытом слое в качестве функции активации применялся гиперболический тангенс, а в выходном слое – функция softmax [26, 27].

Для определения синаптических весов нейронной сети исходная выборка была разделена на три части: обучающую, тестовую и контрольную в соотношении 15 : 3 : 1 [26, 27].

Обучение нейронной сети происходило на обучающей выборке. На тестовых и контрольных выборках оценивалось качество построенной модели.

Синаптические веса и смещения определялись так, чтобы минимизировать ошибку обучения на выходе сети между фактическими и модельными значениями сигналов.

В таблице 1 приведены оценки качества прогнозов построенной ИНС. Для обучения модели использовалась выборка из 320 наблюдений. Число наблюдений распределено по ЗПВ в



метровом слое почвы следующим образом: очень хорошие запасы – 60, хорошие запасы – 96, удовлетворительные запасы – 120, плохие запасы – 44.

Таблица 1

**Классификационная таблица нейронной сети по предсказанию ЗПВ в метровом слое почвы перед посевом зерновых культур**  
**Classification table of neural network for predicting the PMR in a meter-thick soil layer before sowing grain crops**

| Количество наблюдений                           | Предсказанные                     |                                 |                                          |                           | Правильные прогнозы, % |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|------------------------|
|                                                 | Очень хорошие запасы более 160 мм | Хорошие запасы от 130 до 160 мм | Удовлетворительные запасы от 90 до 30 мм | Плохие запасы менее 90 мм |                        |
| 60 – очень хорошие запасы более 160 мм          | 49                                | 9                               | 0                                        | 2                         | 81,7                   |
| 96 – хорошие запасы от 130 до 160 мм            | 5                                 | 73                              | 18                                       | 0                         | 76,0                   |
| 120 – удовлетворительные запасы от 90 до 130 мм | 0                                 | 14                              | 101                                      | 5                         | 84,2                   |
| 44 – плохие запасы менее 90 мм                  | 0                                 | 2                               | 7                                        | 35                        | 79,5                   |
| Общая доля                                      | -                                 | -                               | -                                        | -                         | 80,6                   |

Для первой градации «очень хорошие запасы более 160 мм» доля правильных прогнозов составила 81,7 %, точно спрогнозировано 49 наблюдений, ошибочными были 11 прогнозов, 9 из которых попали в градацию «хорошие запасы от 130 до 160 мм» и 2 в градацию «плохие запасы менее 90 мм». Для второй градации «хорошие запасы от 130 до 160 мм» из 96 наблюдений верно спрогнозировано 73, неверно – 23, доля верных прогнозов 76 %. Для третьей градации «удовлетворительные запасы от 90 до 130 мм» число достоверных прогнозов из 120 наблюдений составило 101, это 84,2 %, неправильно было классифицировано 19 наблюдений. Для четвертой градации «плохие запасы менее 90 мм» достоверно спрогнозировано 35 наблюдений, неверными были 9, доля правильных прогнозов соответствует 79,5 %.

Общее число правильно классифицируемых наблюдений достаточно высоко и составляет 80,6 %.

Приведем оценки прогностической способности построенной нейронной сети по ROC-кривым, которые описывают эффективность классификации по каждой категории целевой переменной. Построенные ROC-кривые для 4 градаций ЗПВ в метровом слое почвы перед посевом зерновых культур показаны на рисунке 2. Кривая с маркировкой 0 соответствует очень хорошим запасам продуктивной влаги в почве, 1 – хорошим запасам, 2 – удовлетворительным запасам, 3 – плохим запасам. Прямая линия по диагонали описывает чисто случайный классификатор.

Все ROC-кривые отклоняются от кривой случайного классификатора достаточно высоко, прижимаясь как можно ближе к левому верхнему углу, тем самым показывая, что классификатор работает правильно и достоверно. Если бы ROC-кривая проходила близко с диагональной

линией (или совпадала с ней), это свидетельствовало бы о низком качестве классификатора модели и, следовательно, о её непригодности.

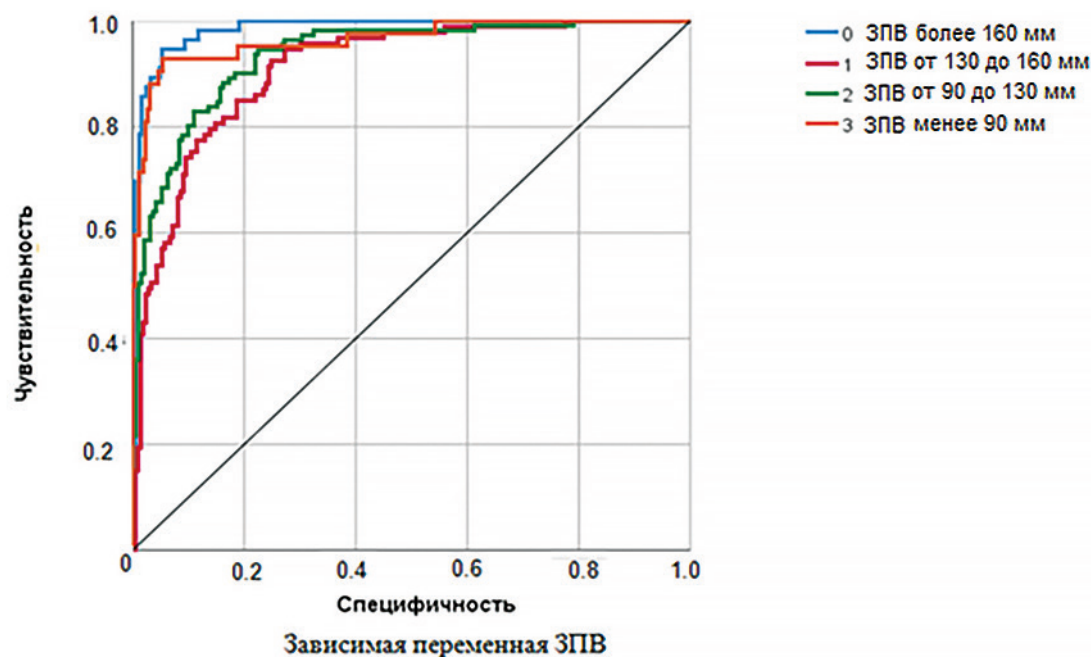


Рис. 2. График ROC-кривой ИНС

Fig. 2. ROC curve graph-ANN

На графике (рис. 2) чувствительность и специфичность являются ключевыми метриками, которые помогают оценить качество классификационной модели. Чувствительность для каждой категории ЗПВ (например, «хорошие запасы от 130 до 160 мм») показывает, насколько хорошо модель находит правильные прогнозы именно для данной градации. Специфичность для каждой категории демонстрирует, что модель не путает конкретную градацию с другими, что и приводит к высокой точности прогнозирования и минимальному числу неверных прогнозов.

Площади под ROC-кривыми, приведенные в таблице 2, позволяют также сравнивать классификаторы между собой.

Значение площади под рабочей характеристикой приёмника (ROC) для случайного классификатора равно 0,5. У более эффективных классификаторов этот показатель больше, например, он может приближаться к 1 [26, 27]. Площадь под ROC показывает, насколько хорошо классификатор отличает выборочное наблюдение конкретной категории от наблюдений других категорий.

Таблица 2

Значение площади под ROC-кривой  
Value of area under the ROC curve

| Градации ЗПВ                                  | Площадь под ROC-кривой |
|-----------------------------------------------|------------------------|
| 0 – Очень хорошие запасы более 160 мм         | 0,985                  |
| 1 – Хорошие запасы от 130 до 160 мм           | 0,910                  |
| 2 – Удовлетворительные запасы от 90 до 130 мм | 0,935                  |
| 3 – Плохие запасы менее 90 мм                 | 0,965                  |

Показатели площади под ROC-кривыми свидетельствуют о высоком качестве классификаторов для каждой категории ЗПВ. Это подтверждает, что построенная нейронная сеть подходит для решения поставленной задачи прогнозирования.

Анализ того, как предикторы модели влияют на прогнозы целевого показателя – ЗПВ в рамках рассматриваемой ИНС, приведен на рисунке 3. Для этого используется разделение исходной выборки на обучающую и тестовую части. На основе этого разделения создается диаграмма, которая показывает нормализованную важность предикторов в модели. Нормализованная важность – это важность предиктора, выраженная относительно наивысшего значения важности среди всех предикторов. Обычно нормализованная важность представляется в процентах, где 100 % соответствует наиболее важному предиктору, а все остальные предикторы получают значения, пропорциональные их важности по сравнению с наивысшим значением. Это позволяет легко интерпретировать относительный вклад каждого предиктора [27].

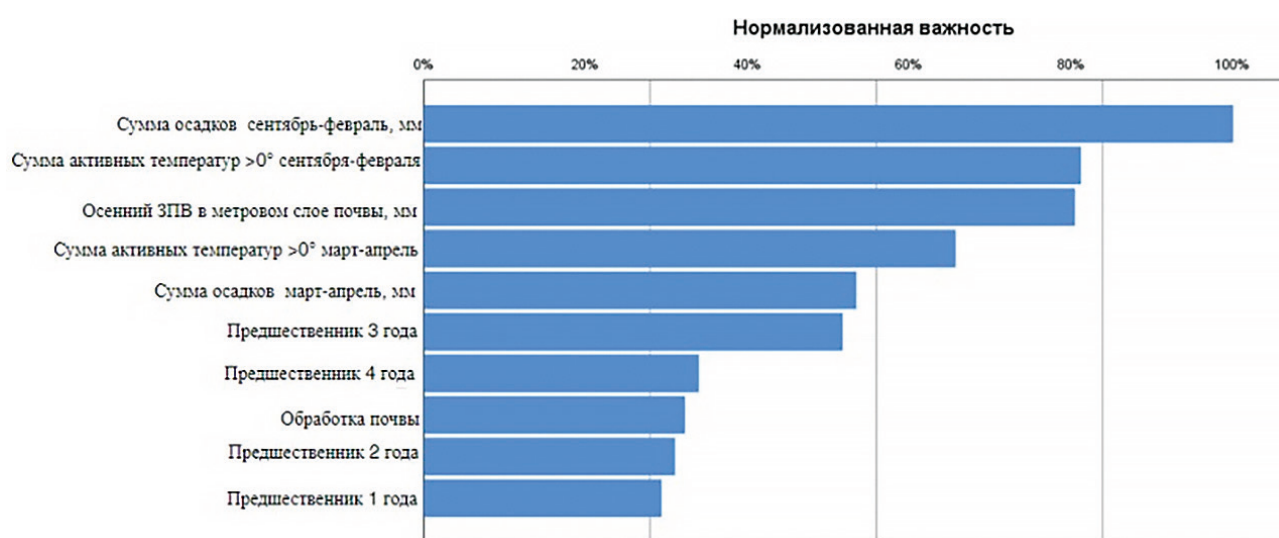


Рис.3. Важность влияния факторов на ЗПВ в почве

Fig. 3. Importance of the influence of factors on the PMR

Из данных, приведенных на рисунке 3, видно, что более существенное влияние на ЗПВ в слое почвы 0–100 см перед посевом зерновых культур оказывают: метеорологические условия в период сентябрь – февраль; запас продуктивной влаги в метровом слое почвы осенью предшествующего года; затем погодные условия в период март – апрель; и в меньшей мере – предшественник и обработка почвы.

Проанализируем, как прогнозируемые уровни ЗПВ в почве можно использовать для оценки потенциальной урожайности яровой пшеницы в зависимости от предшественника, системы обработки почвы, уровня интенсификации, погодных условий на предстоящий полевой сезон.

Если взять среднюю урожайность пшеницы по севообороту пар – пшеница – пшеница – пшеница на экстенсивном и интенсивном фоне за 2007–2018 гг., то лучше всего она коррелирует с весенними запасами продуктивной влаги в 0–100 см, а также с гидротермическим коэффициентом (ГТК Селянинова) за июнь – июль ( $r = 0,68 \pm 0,17$ ).

На рисунке 4 продемонстрирована чёткая связь между запасами продуктивной влаги (ЗПВ) и урожайностью яровой пшеницы.

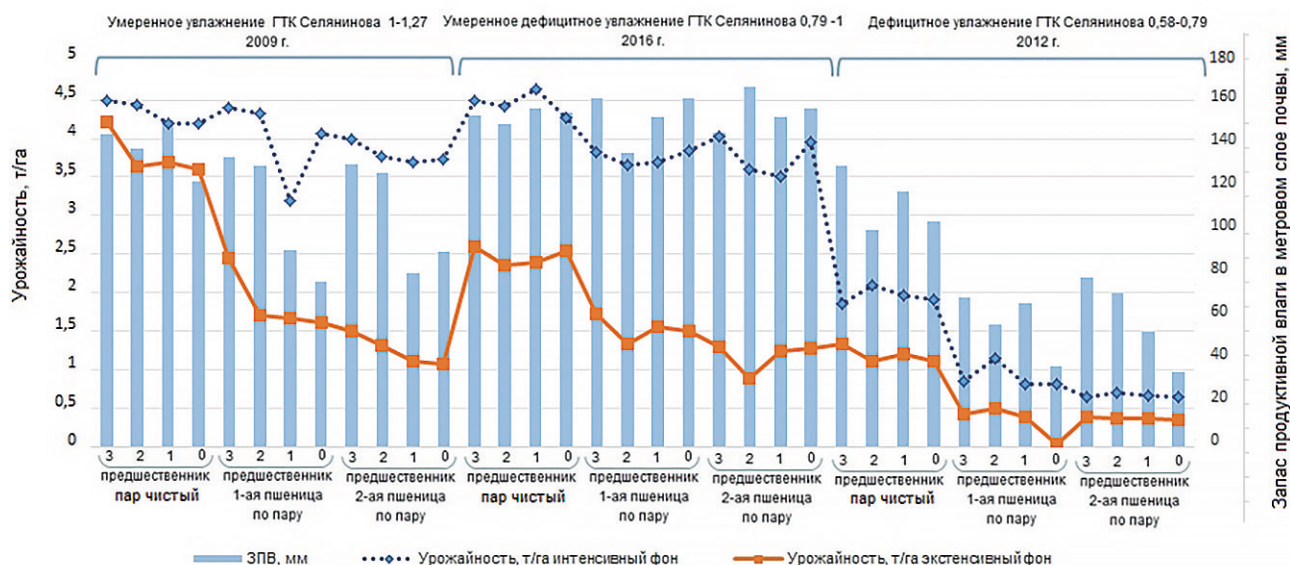


Рис. 4. Урожайность пшеницы в различные годы в зависимости от ЗПВ в почве, предшественника, системы основной обработки почвы и погодных условий (цифрами по оси x обозначена основная обработка почвы: 3 – вспашка, 2 – безотвальная обработка, 1 – минимальная обработка, 0 – нулевая обработка)

Fig. 4. Wheat yield in different years depending on soil productive moisture reserves (PMR), predecessor, primary tillage system, and weather conditions (3 – plowing, 2 – chisel plowing, 1 – minimum tillage, 0 – no-till)

Так как урожайность зерновых культур имеет большую амплитуду колебаний изменчивости по годам в зависимости от погодных условий, для сравнения на графике представлены года с разными значениями ГТК (по данным метеостанции Огурцово, Новосибирская область).

Анализ сценариев на основе данного графика позволяет видеть, как разные комбинации факторов влияют на урожайность, помогает оценить возможные риски снижения урожайности и разрабатывать стратегии для их минимизации.

Предположим, ИНС прогнозирует хорошие запасы продуктивной влаги (от 130 до 160 мм) к началу полевого сезона на рабочем участке, где предшественником был пар, в качестве основной обработки почвы проводилась вспашка и ожидается (прогнозируется) умеренное увлажнение вегетационного периода ГТК 1–1,2 как это наблюдалось например, в 2009 г. При таком сценарии может формироваться более высокая урожайность пшеницы  $\approx 4,3$  т/га на экстенсивном фоне. На графике также можно проследить, какую дополнительную прибавку урожайности можно получить за счёт применения средств защиты растений и удобрений (интенсивный фон). Если при тех же стартовых ЗПВ в почве ожидается умеренно дефицитное увлажнение вегетационного периода, Ку 0,79–1, например, как в 2016 г., то зерновая продуктивность по экстенсивному фону будет формироваться на уровне  $\approx 2,5$  т/га, дополнительная прибавка урожайности от средств химизации составит  $\approx +2$  т/га.

Если прогнозируются очень плохие ЗПВ менее 90 мм и ожидается дефицитный год по осадкам, как, например, в 2012 г., то при таком сценарии следует ожидать резкого снижения урожайности. В таких условиях нецелесообразно применение удобрений, так как при дефиците влаги они действуют очень слабо или не действуют совсем, можно планировать увеличение площади посева культур, более устойчивых к дефициту влаги.

Таким образом, проведённое исследование позволяет сделать следующие заключения.

1. На основе данных о погодных условиях, методах обработки почвы, предшествующих культурах и осенних запасах продуктивной влаги в почве была разработана искусственная нейронная сеть с архитектурой «многослойный персептрон», которая позволила с точностью 80,6 % прогнозировать ЗПВ в метровом слое почвы перед посевом зерновых культур.



Предложенная модель прогнозирования, в отличие от классического метода определения запасов продуктивной влаги в почве, который требует выезда на поля, отбора проб и лабораторного анализа почвы, позволяет оперативно в реальном времени предоставлять результаты (значения ЗПВ) без полевых исследований, что позволяет экономить время и ресурсы хозяйства.

2. Полученные прогнозы могут быть использованы для:

– планирования структуры посевных площадей, что помогает выбрать культуры, лучше адаптированные к агроклиматическим условиям предстоящего сезона (например, при ожидаемом низком уровне запасов влаги можно заранее планировать посев более засухоустойчивых сортов и культур);

– оценки потенциальной урожайности и прибавки урожая от применения средств интенсификации (удобрений, средств защиты растений), при более благоприятных условиях увлажнения можно планировать получения более высокой урожайности, при этом корректировать дозы удобрений в основном внесении и подкормке;

– анализа эффективности агротехнических мероприятий прошлых сезонов, что позволяет определить, какие методы обработки почвы и предшественники способствовали лучшему накоплению и сохранению влаги в почве, а также скорректировать стратегии их применения в будущем.

Дальнейшие исследования будут направлены на улучшение точности прогнозов за счет включения дополнительных предикторов, таких как агрофизические свойства почвы (структура, плотность, водопроницаемость почвы) и интеграции новых источников данных (возможность включения в процесс прогнозирования спутниковых снимков, данных дистанционного зондирования).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вериго С. А., Разумова С. А.* Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 292 с.
2. *Влияние* продуктивной влаги на урожайность сельскохозяйственных культур в засушливых условиях Оренбургской области / Д. В. Митрофанов, Н. А. Максюттов, В. Ю. Скороходов [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. – 2017. – № 4 (100). – С. 225–233.
3. *Шарков И. Н., Колбин С. А.* Влияние погодных условий вегетационного периода на урожайность яровой пшеницы и эффективность азотного удобрения в лесостепи Приобья // Вестник Новосибирский государственный аграрный университет. – 2020. – № 1 (54). – С. 33–41. [DOI: 10.31677/2072-6724-2020-54-1-33-41](#).
4. *Чурзин В. Н., Серебряков А. А.* Роль атмосферных осадков и почвенной влаги в зависимости от способов основной обработки черного пара при выращивании озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 3 (35). – С. 83–88.
5. *Мухитов Л. А.* Влияние условий водообеспеченности на формирование листовой поверхности разных экотипов яровой пшеницы в лесостепи Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2010. – № 4 (28–1). – С. 35–37.
6. *Серебряков В. Ф.* Роль весенних запасов продуктивной влаги и атмосферных осадков в формировании урожая озимой пшеницы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 4 (32). – С. 63–67.
7. *Запасы* продуктивной влаги по природно-почвенным зонам Алтайского края и их влияние на урожайность яровой пшеницы / Н. Б. Максимова, С. Б. Тарасова, Г. Г. Морковкин, Д. В. Арнаут // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (162). – С. 87–92.
8. *Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А.* Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 415 с.
9. *Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области* / Кирюшин В. И., Власенко А. Н., Каличкин В. К. [и др.]. – Новосибирск: СибНИИЗиХ сельского хозяйства, 2000. – 388 с.

10. Федоровский Д. В. Определение водных и физических свойств почвы при проведении полевых и вегетационных опытов // Агрохимические методы исследований почв. – М.: Наука, 1975. – 333 с.
11. Неверов А. А. Прогнозирование почвенных влагозапасов на основе статистического моделирования природных процессов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2 (82). – С. 14–18.
12. Тарасова Л. Л. Долгосрочный прогноз градаций увлажнения метрового слоя почвы весной // Агрофизика. – 2021. – № 1. – С. 33–38.
13. Медведева Е. С., Атоян Т. В., Киримова К. В. Исследование методов измерения влажности почвы // Молодой ученый. – 2020. – № 51 (341). – С. 449–452.
14. Антонова О. С., Неврюев А. М., Шлапак П. А. Использование данных ДЗЗ для анализа влагообеспеченности сельскохозяйственных угодий (на примере Саратовского Заволжья) // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы XI Всерос. науч.-практ. конф. Воронеж, 23–24 ноября 2020 г. – Воронеж: Цифровая полиграфия, 2020. – С. 22–27.
15. Kashyap B., Kumar R. Sensing Methodologies in Agriculture for Soil Moisture and Nutrient Monitoring // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – P. 14095–14121.
16. Prediction of Soil Moisture Content from Sentinel-2 Images Using Convolutional Neural Network CNN / E. Hegazi, A. Samak, Ya. Lingbo, R. Huang // Agronomy. – 2023. – № 13 (3). – P. 656–674. – DOI: 10.3390/agronomy13030656.
17. Метод мониторинга влажности почвы, покрытой растительным покровом, с использованием нейронной сети, радарных и мультиспектральных оптических данных Sentinel-1, 2 / А. М. Зейлигер, К. В. Музалевский, Е. В. Зинченко, О. С. Ермолаева // Журнал радиоэлектроники. – 2023. – № 1. – С. 1–17.
18. Chatterjee S., Dey N., Sen S. Soil Moisture Quantity Prediction using Optimized Neural Supported model for sustainable agricultural applications // Sustainable Computing: Informatics and Systems. – 2018. – Vol. 28. – P. 100279. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2018.09.002>.
19. Голов В. А., Быков Ф. Л. Моделирование запасов продуктивной влаги в верхних слоях почвы методом нейронных дифференциальных уравнений // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2022. – № 3 (385). – С. 144–160. – DOI: 10.37162/2618-9631-2022-3-144-160.
20. Soil Moisture Prediction with Attention-Enhanced Models: A Deep Learning Approach / V. Grubsiic, D. Vasic, H. Ljubic [et al.] // Authorea Preprints. – 2024. – DOI: 10.36227/techrxiv.170792419.92585917/v1.
21. Sankhadeep C., Nilanjan D., Soumya S. Soil moisture quantity prediction using optimized neural supported model for sustainable agricultural applications // Sustainable Computing: Informatics and Systems. – 2020. – Vol. 28, article 10027. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2018.09.002>
22. Свищёв А. В., Гейкер А. М. Применение больших объемов данных и машинного обучения в сельском хозяйстве // E-Scio. – 2021. – № 11 (62). – С. 283–291.
23. Применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / Е. А. Скворцов, В. И. Набоков, К. В. Некрасов [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 8 (187). – С. 91–98.
24. Каличкин В. К., Корякин Р. А., Куценогий П. К. Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве (теоретический анализ возможного приложения): монография. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2020. – 296 с.
25. Бююль А., Цеффель П. SPSS: искусство обработки информации. – СПб.: Диа-СофтЮП, 2005. – 608 с.
26. Николенко С. И., Кадури А. А., Архангельская Е. В. Глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.
27. Khaikin S. Neural networks: full course / М.: Williams, 2016. – 1104 p.

## REFERENCES

1. Verigo S.A., Razumova S.A. *Pochvennaya vlaga i ee znachenie v sel'skoxozyajstvennom proizvodstve* (Soil moisture and its importance in agricultural production), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1963, 292 p.
2. Mitrofanov D.V., Maksyutov N.A., Skorokhodov V.Yu. [i dr.], *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2017, No. 4 (100), pp. 225–233. (In Russ.)
3. Sharkov I. N., Kolbin S. A. *Vestnik NGAU*, 2020, No. 1 (54), pp. 33–41, DOI: 10.31677/2072-6724-2020-54-1-33-41. (In Russ.)
4. Churzin V.N., Serebryakov A.A., *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vy'sshee professional'noe obrazovanie*, 2014, No. 3 (35), pp. 83–88. (In Russ.)

5. Muxitov L.A. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010, No. 4 (28-1), pp. 35–37. (In Russ.)
6. Serebryakov V.F. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vy'sshee professional'noe obrazovanie*. – 2013. – № 4 (32). – S. 63–67. (In Russ.)
7. Maksimova N.B., Tarasova S.B., Morkovkin G.G., Arnaut D.V., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, No. 4 (162), pp. 87–92. (In Russ.)
8. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* (Methods of research of physical properties of soils), Moscow: Agropromizdat, 1986, 415 p.
9. Adaptivno-landshaftny'e sistemy zemledeliya Novosibirskoy oblasti / Kiryushin V. I., Vlasenko A. N., Kalichkin V. K. [i dr.]. – Novosibirsk: Sibirskij NII zemledeliya i ximizacii sel'skogo khozyajstva, 2000. – 388 s.
10. Fedorovskij D.V. *Agroximicheskie metody issledovaniy pochv* (Agrochemical methods of soil research), Moscow: Nauka, 1975, 333 p.
11. Neverov A.A. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 2 (82), pp. 14–18. (In Russ.)
12. Tarasova L.L. *Agrofizika*, 2021, No. 1, pp. 33–38. (In Russ.)
13. Medvedeva E.S., Atoyan T.V., Kirimova K.V., *Molodoj uchenyj*, 2020, No. 51 (341), pp. 449–452. (In Russ.)
14. Antonova O.S., Nevryuev A.M., Shlapak P.A., *Geoinformacionnoe kartografirovanie v regionax Rossii* (Geoinformation mapping in the regions of Russia), Proceedings of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference, Voronezh, November 23-24, 2020, Voronezh: Cifrovaya poligrafya, 2020, pp. 22–27. (In Russ.)
15. Kashyap B., Kumar R. Sensing Methodologies in Agriculture for Soil Moisture and Nutrient Monitoring, *IEEE Access*, 2021, Vol. 9, P. 14095–14121.
16. Hegazi E., Samak A., Lingbo Ya., Huang R., Prediction of Soil Moisture Content from Sentinel-2 Images Using Convolutional Neural Network CNN, *Agronomy*, 2023, No. 13 (3), P. 656–674, DOI: 10.3390/agronomy13030656.
17. Zejliger A.M., Muzalevskij K.V., Zinchenko E.V., Ermolaeva O.S., *Zhurnal radioelektroniki*, 2023, No. 1, pp. 1–17. (In Russ.)
18. Chatterjee S., Dey N., Sen S., *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 2018, Vol. 28, P. 100279, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2018.09.002>.
19. Golov V.A., Bykov F.L., *Gidrometeorologicheskie issledovaniya i prognozy*, 2022, No. 3 (385), pp. 144–160, DOI: 10.37162/2618-9631-2022-3-144-160. (In Russ.)
20. Grubsiic V., Vasic D., Ljubic H. [et al.], Soil Moisture Prediction with Attention-Enhanced Models: A Deep Learning Approach, *Authorea Preprints*, 2024, DOI: 10.36227/techrxiv.170792419.92585917/v1.
21. Sankhadeep C., Nilanjan D., Soumya S., Soil moisture quantity prediction using optimized neural supported model for sustainable agricultural applications, *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 2020, Vol. 28, article 10027, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2018.09.002>
22. Svishhyov A.V., Gejker A.M., *E-Scio*, 2021, No. 11 (62), pp. 283–291.
23. Skvorcov E.A., Nabokov V.I., Nekrasov K.V. [i dr.], *Agrarnyj vestnik Urala*, 2019, No. 8 (187), pp. 91–98. (In Russ.)
24. Kalichkin V.K., Koryakin R.A., Kucenogij P.K. *Intellektual'ny'e sistemy v sel'skom khozyajstve* (Intelligent systems in agriculture), Novosibirsk: SFNCzA RAN, 2020, 296 p.
25. Byuyul' A., Ceffel' P. *SPSS: iskusstvo obrabotki informacii* (SPSS: the art of information processing), Saint Petersburg: Dia-SoftYuP, 2005, 608 p.
26. Nikolenko S.I., Kadurin A.A., Arxangel'skaya E.V. *Glubokoe obuchenie* (Deep learning), Saint Petersburg: Piter, 2018, 480 p.
27. Khaikin S. *Neural networks: full course*, Moscow: Williams, 2016, 1104 p.

## СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМЫ ВЫСЕВА И ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПЕРЕД ПОСЕВОМ

М.А. Яковлев, аспирант

А.Ф. Петров, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Ю.В. Чудинова, доктор биологических наук, доцент

И.Е. Лаврищев, аспирант

И.В. Кархардин, старший преподаватель

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: matvey\_yakovlev97@mail.ru

**Ключевые слова:** козлятник восточный, урожайность, нормы высева, сроки уборки, продуктивность, питательность, кормовая продуктивность.

**Реферат.** Предпосылками исследования возделывания козлятника восточного в условиях Западной Сибири стали многочисленные опыты отечественных и зарубежных учёных, которые свидетельствовали о том, что существует проблема обеспечения кормовой базы высокобелковыми кормами, в частности – семенным материалом. В Западной Сибири многолетние травы в структуре посевов кормовых занимают около 40 %, из которых козлятник восточный, несмотря на его высокие показатели, занимает не более 7 %. Закладка опыта и проведение экспериментальной работы осуществлялись согласно общепринятой методике В.А. Доспехова. Измерения густоты стеблестоя проводили весной и перед каждой уборкой трав. В процессе исследования проводили фенологические и морфологические наблюдения, а также учёт урожайности семян козлятника восточного. В процессе исследований было установлено, что в первые периоды роста существенной разницы между вариантами не наблюдалось, изменения происходили на поздних стадиях развития, так, с увеличением возраста растений увеличивалась их высота, особенно это заметно на вариантах, где семена обрабатывались перед посевом ризоторфином и микроудобрениями. На урожайность семян козлятника восточного оказывает влияние как норма высева, так и предпосевная обработка почвы. Так, например, оптимальная норма высева была 0,6 млн шт/га, при этом изменение данного показателя, как в большую, так и меньшую сторону, вызывало достоверное снижение урожайности семян. Наивысшая урожайность семян козлятника (464 кг/га) отмечена при норме высева 0,6 млн. шт./га с применением ризоторфина. Самая низкая урожайность (169 кг/га) была отмечена при норме высева 1,5 млн шт/га на варианте без обработки (контроль).

## SEED PRODUCTIVITY OF THE EASTERN GOAT HUSK DEPENDING ON THE SEEDING RATE AND SEED TREATMENT BEFORE SOWING

M.A. Yakovlev, PhD student

A.F. Petrov, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

Yu.V. Chudinova, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

I.E. Lavrishchev, PhD student

I.V. Karkhardin, Senior Lecturer

Novosibirsk State Agrarian University

**Keywords:** Oriental goat, yield, seeding rates, harvesting time, productivity, nutritional value, feed productivity.

**Abstract.** The article describes the experience of cultivating the eastern goat in the conditions of Western Siberia. The prerequisites for which were numerous experiments by domestic and foreign scientists, who testified that there is a problem of providing a feed base with high-protein feeds and, in particular, seed material. In Western Siberia, perennial grasses in the structure of forage crops occupy about 40 %, of which



*the eastern goat, despite its high performance, occupies no more than 7 %. The laying of the experience and the experimental work was carried out according to the generally accepted methodology of V.A. Dospekhova. Stem density measurements were carried out in the spring and before each harvesting of herbs. In the course of the study, phenological and morphological observations were carried out, as well as accounting for the yield of seeds of the Oriental goat. In the course of research, it was found that in the first periods of growth of development, there was no significant difference between the variants, changes occurred in the later stages, so with increasing age of the plant their height increased, this is especially noticeable in variants where the seeds were treated with rhizotorphin and micronutrients before sowing. Both the seeding rate and the pre-sowing tillage affect the yield of the seeds of the eastern goat. For example, the optimal seeding rate was 0,6 million units/ha, while a change in this indicator both up and down caused a significant decrease in seed yield. The highest yield of goatgrass seeds (464 kg/ha) was noted at a seeding rate of 0,6 million units/ha using rhizotorphin. The lowest yield (169 kg/ha) was noted with a seeding rate of 1,5 million units/ha in the untreated variant (control).*

В Лесостепи Новосибирского Приобья многолетние травы занимают более 45 % на пашне в структуре посевов кормовых культур. Такое количество занятых площадей обосновано тем, что многолетние травы – качественный и дешевый источник сырья для изготовления корма, особенно бобовые культуры, которые являются источником дешевого, насыщенного растительного белка, более урожайны [1]. Одной из таких культур является козлятник восточный, который заслуживает большого внимания [2].

Козлятник восточный является одной из самых перспективных культур, большое содержание в нём белка позволяет повысить эффективность кормов на 30–40 %. Эта культура характеризуется хорошим долголетием, посевы могут использоваться до 10 лет без выпадения и с хорошим весенним отрастанием [3]. В Западной Сибири при условии своевременного первого скашивания козлятник формирует отаву укосной спелости. За 2 укоса урожайность зеленой массы составляет 20–27, сена – 5–7 т/га. За счет бобово-ризобиального симбиоза культура удовлетворяет основную потребность в азоте.

Корма из козлятника отличаются высокой питательной ценностью: концентрацией обменной энергии 9–10 кДж/кг сухого вещества, до 200 г перевариваемого протеина на 1 к. ед., большим содержанием аминокислот, в том числе и незаменимых [4]. Для увеличения продуктивности посевов кормовых культур требуется значительно расширить посевы козлятника восточного, в связи с этим особую важность получает разработка современных агротехнических мероприятий по его возделыванию [5, 6].

В исследовании была поставлена цель определить влияние нормы высева и обработки семян перед посевом, на семенную продуктивность козлятника восточного.

Исследования проводились в 2019–2021 гг. в северной части лесостепи Западной Сибири на полях учебно-опытного хозяйства «Практик» Новосибирского ГАУ.

Почвенный покров хозяйства сравнительно однороден. Преобладающее место среди всех типов почв принадлежит черноземам выщелоченным и оподзоленным, которые занимают почти 99 % пашни [7]. Гумусовый горизонт достигает 50 см, в пахотном слое содержится 4,02–5,41 % гумуса. Выщелоченные черноземы обладают высоким уровнем естественного плодородия и вполне пригодны для возделывания всех сельскохозяйственных культур [8, 9].

Климат района характеризуется резкой континентальностью: холодная, малоснежная зима с умеренными, иногда сильными ветрами и метелями, и короткое, но жаркое лето с умеренным увлажнением. Характерны поздние весенние (5–15 июня) и ранние осенние (август) заморозки.

В целом за годы исследований температура и влага способствовали нормальному развитию козлятника, благоприятному формированию семенной продуктивности.

В исследованиях ставили задачу изучения семенной продуктивности козлятника в зависимости от нормы высева и обработки семян перед посевом ризоторфином и комплексом микроудобрений.

Методика наблюдений общепринятая (А.В. Доспехов) [10]. Размещение опытных и контрольных делянок рендомизированное. Учетная площадь каждой из делянок равнялась 20 м<sup>2</sup>. Посев широкоярусный с шириной междурядий 30 см. Повторность вариантов четырехкратная.

Норма удобрений под предпосевную культивацию: N<sub>60</sub> P<sub>60</sub> K<sub>40</sub>. Эта же норма применялась при ежегодном весеннем внесении под боронование.

Для обработки семян взят комплекс микроудобрений: сернокислый кобальт, борная кислота, окись цинка, сернокислая медь, сернокислый марганец, сернокислый магний, сернокислое железо, карбонат [11]. Другую часть семян смешивали с ризоторфином, приготовленным из азотфиксирующих клубеньков козлятника (100 млн клеток в 1 мл). Обработка семян проводилась в день посева опытного участка.

Густота стеблестоя трав первого года жизни, как и следовало ожидать, зависела от нормы высева семян (табл. 1). В 2019 г. наибольшая густота была отмечена на варианте с нормой посева 0,9 млн шт/га с обработкой ризоторфином + микроудобрения (115 шт/м<sup>2</sup>). Наименьшая густота стеблестоя была на варианте с нормой высева семян 0,3 млн шт/га и без проведения каких-либо обработок (94 шт/м<sup>2</sup>).

В 2020 г. густота растений козлятника восточного заметно увеличилась на всех вариантах по сравнению с показателями 2019 г. Наибольшая величина густоты была на варианте с нормой высева 0,3 млн шт/га и без обработки.

В 2021 г. густота стеблестоя увеличилась, травостой становится более плотными по сравнению с предыдущими годами жизни. Из анализа данных видно, что обработка семян перед посевом ризоторфином и микроудобрениями на густоту стеблестоя козлятника восточного существенного влияния не оказала.

Обработка перед посевом значительно больше сказалась на высоте растений (табл. 2). В 2019 г. на вариантах, где семена перед посевом обрабатывались ризоторфином и микроудобрениями, высота растений несколько ниже по сравнению с контролем.

Измерения проводились на протяжении трех лет эксперимента.

Сравнивая между собой варианты с обработкой препаратами перед посевом, можно видеть, что существенной разницы нет. Также заметно, что норма высева на высоту растений влияния не оказала. Аналогичная ситуация прослеживается в последующие годы жизни козлятника. С увеличением возраста растения увеличивалась их высота, особенно это заметно на вариантах, где семена обрабатывались перед посевом ризоторфином и микроудобрениями.

Таблица 1

Густота стеблестоя козлятника восточного, шт/м<sup>2</sup> в фазу созревания семян (средняя за 2019–2021 гг.)  
Stem density Eastern goatgrass, pcs/m<sup>2</sup> in the seed maturation phase  
(average for 2019-2021) years)

| № п/п | Норма высева, млн шт/га | Вариант  |                 |            |                             |
|-------|-------------------------|----------|-----------------|------------|-----------------------------|
|       |                         | Контроль | Микро-удобрения | Ризоторфин | Ризоторфин и микроудобрения |
| 1     | 1,5                     | 118,00   | 128,33          | 136,33     | 148,67                      |
| 2     | 1,2                     | 126,67   | 128,00          | 112,67     | 120,00                      |
| 3     | 0,9                     | 130,00   | 78,67           | 145,00     | 145,00                      |
| 4     | 0,6                     | 122,67   | 117,33          | 127,67     | 120,33                      |
| 5     | 0,3                     | 122,00   | 122,00          | 138,67     | 119,00                      |

Таблица 2

**Высота растений козлятника восточного, см. в фазу созревания семян (средняя за 2019–2021 гг.)**  
**Eastern goatgrass plant height, cm. at seed ripening phase (average for 2019-2021)**

| № п/п | Норма высева, млн шт/га | Вариант  |                 |            |                             |
|-------|-------------------------|----------|-----------------|------------|-----------------------------|
|       |                         | Контроль | Микро-удобрения | Ризоторфин | Ризоторфин и микроудобрения |
| 1     | 1,5                     | 90,67    | 82,00           | 90,67      | 87,33                       |
| 2     | 1,2                     | 85,33    | 87,67           | 89,67      | 84,67                       |
| 3     | 0,9                     | 85,00    | 75,67           | 80,33      | 84,33                       |
| 4     | 0,6                     | 85,33    | 82,00           | 82,33      | 84,33                       |
| 5     | 0,3                     | 84,33    | 80,67           | 75,00      | 87,67                       |

Интересный показатель – индекс листовой поверхности козлятника восточного (соотношение площади листьев к площади, занимаемой травами). Проведенные наблюдения показали, что площадь листьев существенно увеличилась на вариантах с нормой высева 0,9 млн шт/га (табл. 3). Особенно это заметно в 2020 г. Индекс листовой поверхности ниже на вариантах, где семена не были обработаны перед посевом ризоторфином и комплексом микроудобрений.

Облиственность козлятника выше, где выше нормы высева семян, а травостой плотнее (табл. 4). Процент облиственности больше на вариантах, где применялись препараты для предпосевной обработки. Наибольшая облиственность была отмечена в 2020 г. на варианте с нормой высева 1,2 млн шт/га с применением микроудобрений и ризоторфина. Показатели облиственности за 2020 г. по всем вариантам оказались выше показателей за 2019 г. Это можно объяснить увеличением высоты трав, густоты стеблестоя.

Таблица 3

**Индекс листовой поверхности козлятника восточного**  
**(средняя за 2019–2021 гг.)**  
**Leaf surface index of oriental goatgrass (average for 2019-2021)**

| № п/п | Норма высева млн шт/га | Вариант  |                 |            |                             |
|-------|------------------------|----------|-----------------|------------|-----------------------------|
|       |                        | Контроль | Микро-удобрения | Ризоторфин | Ризоторфин и микроудобрения |
| 1     | 1,5                    | 3,57     | 5,17            | 5,23       | 4,70                        |
| 2     | 1,2                    | 4,43     | 5,80            | 4,00       | 5,30                        |
| 3     | 0,9                    | 5,03     | 3,47            | 6,07       | 5,83                        |
| 4     | 0,6                    | 4,20     | 5,43            | 5,40       | 4,50                        |
| 5     | 0,3                    | 3,67     | 4,47            | 3,67       | 4,50                        |

Таблица 4

**Облиственность козлятника восточного (средняя за 2019–2021 гг.)**  
**Foliage of eastern goatgrass (2019-2021 average).**

| № п/п | Норма высева, млн шт/га | Вариант  |                 |            |                             |
|-------|-------------------------|----------|-----------------|------------|-----------------------------|
|       |                         | Контроль | Микро-удобрения | Ризоторфин | Ризоторфин и микроудобрения |
| 1     | 1,5                     | 36,83    | 37,47           | 42,17      | 25,80                       |
| 2     | 1,2                     | 42,03    | 41,43           | 42,53      | 51,63                       |
| 3     | 0,9                     | 39,67    | 53,70           | 45,63      | 37,60                       |
| 4     | 0,6                     | 39,47    | 46,33           | 33,70      | 38,17                       |
| 5     | 0,3                     | 36,93    | 40,30           | 40,33      | 38,37                       |

Анализ урожайности семян козлятника восточного за три года наблюдений показал, что растения формируют урожай семян в пределах 2–4 ц/га.

Урожайность семян козлятника в 2019 г. была наименьшей из 3 лет наблюдений. Возможно, сказалось недостаточное количество осадков в мае и июне, когда формировался травостой. В этот период сумма осадков составляла 64 и 47 % от среднегодовых показателей. Запасы влаги почве в это время тоже были недостаточны. Наиболее высокая урожайность семян отмечена на варианте, где норма высева 0,3 млн шт/га при обработке семян ризоторфином и микроудобрениями. В 2020 г. урожайность семян была наиболее высокой, в мае и июне количество осадков было выше по сравнению с предыдущим годом, среднемесячная температура воздуха также была выше. Это обуславливает более интенсивную работу бактерий корневых клубеньков, что и сказалось на работе семенной продуктивности. Наиболее высокой она была на варианте, где семена обрабатывались ризоторфином и микроудобрениями при норме высева 0,6 млн шт/га (табл. 5).

В 2021 г. урожайность семян была ниже по сравнению с 2020 г. Разница по урожайности семян между вариантами по густоте стеблестоя, которую обуславливает норма высева, и по обработке семян перед посевом не всегда существенна. В определенной степени произошло выравнивание плотности травостоя, «перераспределения» клубеньков между контрольными и опытными вариантами. При этом тенденция увеличения семенной продуктивности на вариантах, где семена обрабатывались перед посевом ризоторфином и микроудобрениями, сохраняется. Об этом свидетельствуют данные по урожайности в среднем за 2019–2021 гг.

Охарактеризуем данные по урожайности семян козлятника в среднем за 3 года. Сравним урожайность семян на разных вариантах (табл. 5) Самая низкая урожайность (169 кг/га) была при норме высева 1,5 млн шт/га на варианте без обработки (контроль).

Наивысшая урожайность семян козлятника (264 кг/га) отмечена при норме высева 0,6 млн шт/га с применением ризоторфина. Этот вариант следует считать оптимальным.

Таким образом, урожайность семян козлятника восточного значительно повышает такой недорогостоящий прием, как обработка семян ризоторфином перед посевом. Козлятник лучше сеять для возделывания на семенные цели со сниженными нормами высева, результат – 464 кг/га (табл. 5).

Таблица 5

Урожайность семян козлятника восточного в зависимости от нормы высева и обработки семян перед посевом, кг/га (средняя за 2019–2021 гг.)

Eastern goatgrass seed yield depending on seeding rate and seed treatment before sowing, kg/ha (average for 2019-2021).

| № п/п | Норма высева, млн шт/га | Варианты |                 |            |                             |
|-------|-------------------------|----------|-----------------|------------|-----------------------------|
|       |                         | Контроль | Микро-удобрения | Ризоторфин | Ризоторфин и микроудобрения |
| 1     | 1,5                     | 169      | 303             | 330        | 371                         |
| 2     | 1,2                     | 188      | 299             | 356        | 398                         |
| 3     | 0,9                     | 188      | 338             | 360        | 415                         |
| 4     | 0,6                     | 229      | 344             | 464        | 393                         |
| 5     | 0,3                     | 220      | 326             | 396        | 442                         |

В заключение отметим, что проведение предпосевной обработки способствует повышению продуктивности козлятника восточного.

1. Наиболее высокая продуктивность отмечена на вариантах с применением препаратов Ризоторфин и Ризоторфин и микроудобрения



2. Установлено, что оптимальной для семенной продуктивности козлятника восточного в Северной местности Приобья является норма высева семян 0,6 млн шт/га.

3. При оптимальной норме высева и предпосевной обработке семян козлятника совместно микроудобрениями и ризоторфином получена максимальная урожайность 464 кг/га. При этом наиболее низкая урожайность козлятника отмечена при норме высева 1,5 млн шт/га на контрольном варианте.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петров А.Ф. Совершенствование технологии возделывания кормовых бобов на зерно и кормовые цели в условиях лесостепи Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук / А.Ф. Петров. – Новосибирск, 2007. – 152 с. – EDN: NOXNNX.
2. Василевич Р.А. Разработка технологии возделывания галеги восточной в условиях лесостепной зоны Восточной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1995. – 18 с.
3. Вавилов П.П. Возделывание и использование козлятника восточного. – Л.: Колос. – 1982. – 72 с.
4. Мухина Н.А., Бухтеева А.В., Пивоварова Н.С. Кормовые культуры Сибири. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 158 с.
5. Дроздов И.П., Синякова Л.А. Биология и агротехника полевых и лугопастбищных культур. – Пушкин: ЛСХИ, 1979. – 128 с.
6. Каширин А.П. Полевое кормопроизводство. – Горький: ГСХИ, 1990. – 100 с.
7. The cleaning of caucasian goat's rue chaff in the combine harvester cleaner / E. Vaiciukevičius [et al.] // Agronomy Research. Special issue. – 2008. – Vol. 6. – P. 405–413.
8. Петрук В.А. Продуктивность многолетних трав в лесостепи Западной Сибири при разных способах посева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 40–41. – EDN: TIHGQN.
9. Sainfoin (*Onobrychis arenaria*) Productivity Depending on Organic and Mineral Fertilizers / M. Yakovlev, A. Petrov, I. Lavrishchev [et al.] // Advancements in Life Sciences. – 2024. – Vol. 11, № 1. – P. 77–83. – EDN: KFTTVL.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1979. – 416 с.
11. Ринькис Г.Я. Оптимизация минерального питания растений. – Рига: Зинатне, 1972. – 355 с.

## REFERENCES

1. Petrov A.F. *Sovershenstvovanie texnologii vozdel'yvaniya kormovy'x bobov na zerno i kormovy'e celi v usloviyax lesostepi Zapadnoj Sibiri* (Improvement of fodder bean cultivation technology for grain and fodder purposes in conditions of forest-steppe of Western Siberia), Dissertation of Agricultural Sciences, Novosibirsk, 2007, 152 p., EDN: NOXNNX. (In Russ.)
2. Vasilevich R.A. *Razrabotka texnologii vozdel'yvaniya galegi vostochnoj v usloviyax lesostepnoj zony Vostochnoj Sibiri* (Development of Eastern galega cultivation technology in the conditions of the forest-steppe zone of Eastern Siberia), Dissertation Abstract of Candidate of Agricultural Sciences, Moscow, 1995, 18 p. (In Russ.)
3. Vavilov P.P. *Vozdel'yvanie i ispol'zovanie kozlyatnika vostochnogo* (Cultivation and use of oriental goatgrass), Leningrad: Kolos, 1982, 72 p.
4. Muxina N.A., Buxteeva A.V., Pivovarova N.S. *Kormovy'e kul'tury Sibiri* (Forage crops of Siberia), Moscow: Rossel'hozizdat, 1986, 158 p.
5. Drozdov I.P., Sinyakova L.A. *Biologiya i agrotexnika polevy'x i lugopastbishny'x kul'tur* (Biology and agrotechnics of field and grassland crops), Pushkin: LSXI, 1979, 128 p.
6. Kashirin A.P. *Polevoe kormoproizvodstvo* (Field forage production), Gor'kij: GSXI, 1990, 100 p.
7. Vaiciukevičius E. [et al.], The cleaning of caucasian goat's rue chaff in the combine harvester cleaner, *Agronomy Research. Special issue*, 2008, Vol. 6, P. 405–413.
8. Petruk V.A. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii*, 2013, No. 4, pp. 40–41, EDN: TIHGQN. (In Russ.)

9. Yakovlev M., Petrov A., Lavrishchev I. [et al.], Sainfoin (*Onobrychis arenaria*) Productivity Depending on Organic and Mineral Fertilizers, *Advancements in Life Sciences*, 2024, Vol. 11, N 1, P. 77–83, EDN: KFTVVL.
10. Dospexov B.A. *Metodika polevogo opy`ta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul`tatov issledovaniy* (Methodology of field experiment with the basics of statistical processing of research results), Moscow: Kolos, 1979, 416 p.
11. Rin`kis G.Ya. *Optimizaciya mineral`nogo pitaniya rastenij* (Optimization of mineral nutrition of plants), Riga: Zinatne, 1972, 355 p.



## РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

## REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

УДК 338.436

DOI:10.31677/2311-0651-2024-46-4-110-117

### КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО ПРОИЗВОДСТВА МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

<sup>1</sup>Е.Ю. Завальнюк, старший преподаватель

<sup>2</sup>А.В. Завальнюк, кандидат экономических наук, доцент

<sup>1</sup>Новосибирский государственный аграрный университет

<sup>2</sup>Новосибирский государственный технический университет

E-mail: bolotina-1111@mail.ru

**Ключевые слова:** факторы, цели, принципы, устойчивое производство, масличные, концепция.

**Реферат.** Устойчивость производства в сельском хозяйстве и его развитие в современных условиях является неотъемлемой частью укрепления и развития экономики государства в целом и обеспечения продовольственной безопасности страны. По этой причине анализ существующих подходов и разработка новых направлений повышения устойчивости сельского хозяйства приобретает все большее значение. Подходы к формированию понятия «устойчивость» в зарубежных источниках основываются на вопросах экологии, в отечественных, – основой является экономическая эффективность. В данном случае понятие «устойчивость» рассмотрено с позиции производства продукции сельского хозяйства, приведено авторское определение понятия «устойчивое производство масличных культур» с учетом комплексности и широкой направленности. В статье представлена, разработанная авторами концептуальная модель устойчивого производства масличных культур, в которой помимо классических элементов устойчивости, таких как экология, экономика и социум, выделен климат как не менее важная составляющая устойчивого производства масличных культур. Определены элементы, факторы, принципы, инструменты, позволяющие обеспечить устойчивое производство масличных культур с учетом особенностей их возделывания, кроме того, отражено значение продукции, получаемой из возделываемых масличных культур и изменение объемов её производства. Рассмотрены способы достижения целей устойчивого развития Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН посредством реализации концепции устойчивого производства масличных культур.

### A CONCEPTUAL MODEL OF SUSTAINABLE OILSEED PRODUCTION

<sup>1</sup>E.Y. Zavalnyuk, Senior lecturer

<sup>2</sup>A.V. Zavalnyuk, PhD in Economic Sciences, Associate Professor

<sup>1</sup>Novosibirsk State Agrarian University

<sup>2</sup>Novosibirsk State Technical University

**Keywords:** factors, goals, principles, sustainable production, oilseeds, concept.

**Abstract.** The sustainability of agricultural production and its development in modern conditions is an integral part of the development of the state's economy and ensuring food security of the population, for this reason, the analysis of existing approaches and the development of new directions for increasing sustainability is

*becoming increasingly important. The paper reflects approaches to the formation of the concept of “sustainability” in foreign sources, where the basis is ecology and domestic – the basis is economic efficiency. In this work, the concept of “sustainability” is considered from the perspective of agricultural production, the author’s definition of the concept of “sustainable production of oilseeds” is given, taking into account the complexity and broad orientation. The article presents a conceptual model of sustainable oilseed production developed by the authors, in which, in addition to the classical elements of sustainability, ecology, economics and society, climate is highlighted as an equally important component of sustainable oilseed production. The elements, factors, principles, and tools to ensure sustainable production of oilseeds, taking into account the peculiarities of their cultivation, are determined, in addition, the importance of products obtained from cultivated oilseeds and changes in their production volumes are reflected. The ways of achieving the sustainable development goals of the Food and Agriculture Organization of the United Nations by means of implementing the concept of sustainable production of oilseeds are considered.*

Усиление последствий изменения климата и нанесения ущерба окружающей среде все больше ориентируют производителей продовольствия на сохранение природных ресурсов, которое, в первую очередь, включает обеспечение устойчивого производства, и именно это направление имеет первостепенное значение.

Общее понятие «устойчивое развитие» по отношению к окружающей среде закреплено в международных документах, а именно в Декларации по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 год) [1, с. 35].

Устойчивое сельское хозяйство – это форма ведения сельского хозяйства, которая в своей практике уделяет приоритетное внимание экологической, социальной и экономической устойчивости. В нем признается, что методы ведения сельского хозяйства могут иметь серьезные последствия для окружающей среды, и оно направлено на уменьшение таких последствий и одновременно на укрепление экономики сельских районов и сообществ [2].

В Российской Федерации термин «устойчивость» на законодательном уровне был закреплён Указом Президента РФ от 1 апреля 1996 г. в Концепции перехода РФ к устойчивому развитию [3, с. 1572].

Устойчивое производство продукции в сельском хозяйстве, и в растениеводстве в частности, базируется на основных положениях ООН и ФАО.

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций ФАО (Food and Agriculture Organization of the United Nations) выделяет пять основополагающих принципов устойчивого производства продовольствия и ведения сельского хозяйства:

- повышение эффективности использования ресурсов;
- сохранение, защита и улучшение природных ресурсов;
- социальное благополучие сельского населения;
- повышение устойчивости экосистем к внешним воздействиям, в первую очередь – к климатическим изменениям;
- механизмы ответственного и эффективного управления [4].

Понятие «устойчивость» трактуется по-разному, в отечественной литературе основой устойчивости является инновационность и экономическая эффективность, в зарубежной – экология. Объединяющим недостатком подходов к определению устойчивости является отсутствие комплексности и узкая направленность.

Большая часть продовольствия, потребляемого населением, производится важнейшей отраслью сельского хозяйства – растениеводством, основой которого в большинстве стран являются зерновые и масличные культуры.

В последние годы масличные культуры играют ключевую роль в современном сельском хозяйстве, поскольку они являются источником растительных масел, которые необходимы для потребления человеком, производства кормов для животных и промышленного использования. Об этом свидетельствует увеличение производства растительных масел в мире: в 2022–2023 гг. было произведено 210,3 млн т, по прогнозам, данный показатель в 2024 г. увеличится до 217 млн тонн [5].



Спрос на растительные масла растет во всем мире, и поэтому производство масличных культур приобретает все большее значение.

Намечающаяся тенденция замены животных жиров растительными и их доступность в последнее время значительно повысили интенсивность производства и реализации, определённых для каждой страны масличных культур [6].

В свою очередь, производство отдельных видов масличных культур оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду: происходит деградация почв, разрушение среды обитания животных, вырубка лесов и т. д. Поэтому сегодня максимально остро стоит вопрос о необходимости выращивания масличных культур, которые будут являться устойчивыми и смогут удовлетворить постоянно растущий спрос на растительные масла, не нанося вреда окружающей среде [7].

Масличное производство в последние годы занимает в экономике Российской Федерации вместе с другими звеньями АПК одну из лидирующих позиций в обеспечении населения высокобелковыми продуктами питания и в решении задач продовольственной безопасности страны. На основании данных с сайта экспертно-аналитического центра агробизнеса «АБ-центр» видно, что в России объем производства нерафинированных растительных масел всех видов в 2023 г. составил 9 396,8 тыс. тонн, что на 19,4 % (на 1 529,8 тыс. тонн) больше, чем в 2022 г. За 5 лет показатели выросли на 63,3 % (на 3 643,6 тыс. тонн) [8].

Концепция устойчивого развития, принятая на конференции ООН по окружающей среде и развитию, включала в себя 3 основные сферы, баланс которых позволял достичь устойчивости: экономическую, экологическую и социальную.

По мнению бывшего главы ФАО Жозе Грациану да Силвы: «Во многих странах адаптация к изменению климата и нахождение способов обеспечения продовольственной безопасности представляют собой часть одной и той же проблемы, и применение климатически оптимизированных методов ведения сельского хозяйства приводит к росту продуктивности и увеличению доходов аграриев, а также снижению продовольственных цен» [9, с. 3]. Это дает возможность выделения климатической сферы, которая в современных условиях хозяйствования и будет в большей степени обуславливать устойчивость производства масличных культур.

К ключевым факторам, оказывающим существенное влияние на устойчивое производство масличных культур, можно отнести следующие.

Природно-климатические факторы, главной особенностью которых является невозможность регулирования со стороны человека. Они в большей степени и будут оказывать влияние на оптимальное размещение масличных культур на территории региона.

Экологические факторы, которые необходимо рассматривать при устойчивом производстве масличных культур, позволяют уменьшить интенсивное использование ресурсов при получении продукции и снизить уровень негативного влияния на окружающую среду.

Агротехнологические факторы, составной частью которых являются инновационные подходы к осуществлению хозяйственной деятельности, обеспечивающие сохранение уровня плодородия, сформированного вследствие природно-исторического развития, называемого естественным плодородием почвы.

Земельные ресурсы, являясь основой производства сельскохозяйственной продукции, в связи с интенсивным ведением сельскохозяйственного производства, подвержены истощению и изменению своих характеристик. Помимо механического воздействия, истощающего почву, отрицательное влияние на уровень плодородия почвы оказывает внесение химических веществ. По данным ФАО, из-за деградации почв потери продукции в мире составляют около 25 %, что негативно отражается в том числе на обеспечении продовольствием населения планеты. Каждый год в России площадь деградируемых земель увеличивается в среднем на 1,5 млн га вынос почвы с 1 га водной эрозией составляет в среднем 7 т, ветровой эрозией – от 10 до 17 т с 1 га. Кроме того, в ускорении процессов деградации почв в настоящее время возрастает роль такого фактора, как изменение климата, который влияет на формирование качественных характеристик и свойств почвенного состава [10].

Экономические и социальные факторы оказывают большое влияние на устойчивость производства масличных культур, первые – за счет возможности преодоления барьеров на пути к повышению устойчивости производства масличных культур, вторые – за счет повышения качества трудовых ресурсов и развития социально значимой инфраструктуры.

Для обеспечения устойчивости производства масличных культур необходимо в качестве базы опираться на следующую сбалансированную систему принципов.

Принцип экологического равновесия. Его соблюдение уменьшит возрастающую нагрузку на природные ресурсы, позволит сохранить земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур, замедлить, а на некоторых территориях и прекратить деградацию экосистем, обеспечить получение более экологичной продукции и, как следствие, повысить уровень и качество жизни населения.

Принцип климатоадаптивности. Будет способствовать адаптации производства масличных культур к климатическим зонам региона.

Принцип экономической эффективности и стабильности. В перспективе соблюдение данного принципа позволит создать эффективную инфраструктуру для возделывания масличных культур и их переработки, которая будет гарантировать стабильность и устойчивость производства, что обеспечит возможность производить высокорентабельную и высококачественную продукцию с минимальными затратами.

Принцип социального благополучия. Соблюдение данного принципа позволит в перспективе повысить качество жизни населения за счет производства экологически чистой продукции масложирной переработки и поспособствует привлечению инвестиций в трудовые ресурсы, задействованные в производстве и переработке продукции, полученной в результате возделывания масличных культур.

Принцип рационального размещения. В его основе лежит рациональное размещение производства в пределах региона, учитывая территориальную удаленность от мест хранения сырья, скорость доставки до предприятий, занимающихся хранением сырья, и распределительно-логистических центров.

Представленные выше принципы учитывают особенности устойчивого производства в рамках комплексного подхода, их соблюдение позволит управлять устойчивостью производства при возделывании масличных культур.

К ключевым инструментам обеспечения устойчивости производства масличных культур можно отнести ряд важнейших процессов, описанных ниже.

Внедрение рациональных севооборотов. Интенсивное использование ресурсов сельхозтоваропроизводителями в целях получения высоких показателей урожайности возделываемых культур в течение длительного времени, а также выращивание монокультур привели к истощению запасов питательных веществ в почве, нарушению баланса микроэлементов и деградации почвы.

Рациональный севооборот обладает рядом преимуществ, что делает его важным инструментом содействия долгосрочной устойчивости производства любых культур, в том числе и масличных. Благодаря севообороту сохраняется здоровье почвы и повышается урожайность, уменьшается вынос питательных веществ, уничтожаются вредители и болезни, улучшается состояние почвы. Помимо этого, возделывание масличных культур вносит значительный вклад в здоровье почвы, их глубокий стержневой корень способствует улучшению структуры почвы и возвращает в нее значительное количество углерода [11].

Создание специализированных высокотехнологичных зон выращивания. В современных условиях хозяйствования производители масличных культур постепенно переходят от продажи маслосемян к переработке масличных, что позволяет повышать доходность. Высокотехнологичные зоны выращивания – это концентрация производящих и перерабатывающих производств с учетом природно-климатических условий и ландшафта для организации возделывания определенных масличных культур.

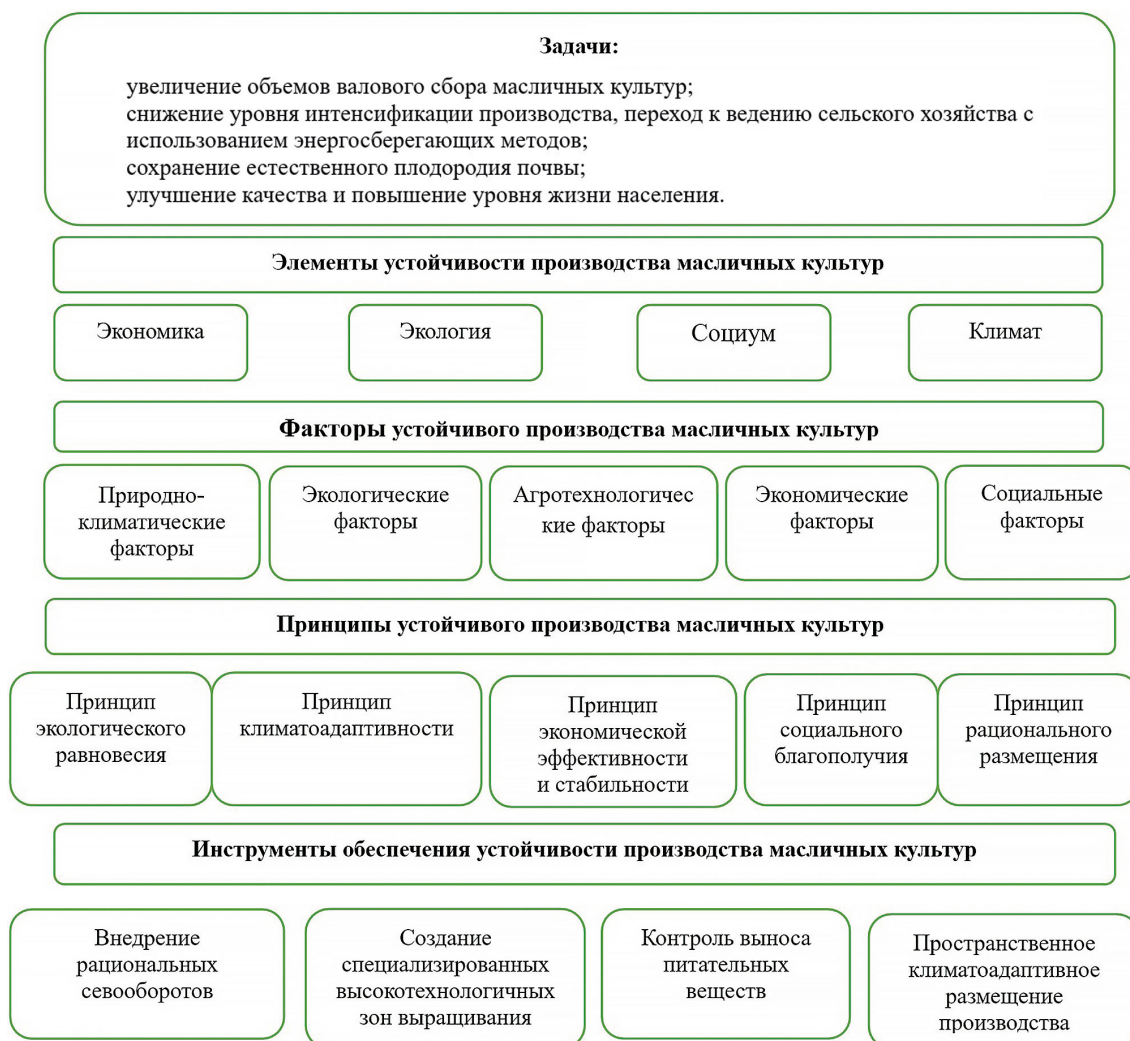
Создание таких зон позволит снизить затраты не только на транспортировку к местам переработки, но и на реализацию готовой продукции, в том числе и на экспорт.

Контроль выноса питательных веществ. Позволит получать своевременную информацию о том количестве питательных веществ, которое необходимо будет компенсировать посредством внесения органических удобрений и о том, какие сельскохозяйственные культуры следует использовать в севооборотах для минимизации выноса питательных веществ из почвы.

Пространственное климатоадаптивное размещение производства масличных культур. Необходимость диверсификации площадей, отведенных под посевы масличных культур в различных агроэкологических зонах, включает в себя размещение различных видов масличных культур в регионе с учётом климатических зон, а также применение технологий адаптивно-ландшафтного земледелия, исходя из экономического обоснования размещения производства.

По представлению, сформировавшемуся у авторов непосредственно в процессе работы по изучению устойчивости производства масличных культур, в основе такой устойчивости лежит экономически эффективное и стабильное производство в условиях определённой природно-климатической зоны с соблюдением экологического равновесия при возделывании конкретных масличных культур, обеспечивающее социальное благополучие населения данной территории [12, с. 269].

При рассмотрении элементов, факторов, влияющих на устойчивость производства масличных культур, принципов и инструментов его обеспечения авторами сформирована концептуальная модель устойчивого производства масличных культур, представленная на рисунке.



Источник: авторская разработка

Концепция устойчивого производства масличных культур  
The concept of sustainable production of oilseeds

Устойчивое производство масличных культур в рамках авторской концептуальной модели позволит достичь и некоторых целей устойчивого развития ФАО (см. табл.).

**Взаимосвязь целей устойчивого развития ФАО и устойчивости производства масличных культур**  
**The relationship between the FAO Sustainable Development Goals and the sustainability of oilseed production**

| Цели ФАО                                                                                                                         | Способы достижения целей посредством повышения устойчивости производства масличных культур                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>3 ХОРОШЕЕ ЗДОРОВЬЕ И БЛАГОПОЛУЧИЕ</p>       | Производство высокобелковых продуктов питания, в основе которого лежит создание диверсифицированных, устойчивых производственных систем, что, в свою очередь, позволит улучшить ключевые аспекты продовольственной безопасности.                                                                                                                                                                                                                                                    |
|  <p>8 ДОСТОЙНАЯ РАБОТА И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ</p> | Повышение качества и уровня жизни сельского населения, за счет оптимального размещения производства и переработки масличных культур, формирование человеческого капитала за счет инвестирования в будущих работников производственных и перерабатывающих предприятий, привлечение молодых специалистов в отрасль; увеличение прибыльности и рентабельности производства масличных культур и продуктов их переработки за счет социально ответственного, инновационного производства. |
|  <p>13 БОРЬБА С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА</p>         | Контроль количества негативных выбросов при возделывании масличных культур, переход на адаптивно-интенсивные технологии производства масличных культур и продуктов их переработки, учет выбросов заводов по переработке масличных культур.                                                                                                                                                                                                                                          |
|  <p>15 СОХРАНЕНИЕ ЭКОСИСТЕМ СУШИ</p>          | Сохранение уровня естественного плодородия почвы, поддержание баланса питательных веществ, использование эффективных биологических препаратов защиты растений от болезней и вредителей, сокращение внесения гербицидов с целью сохранения природного биоразнообразия, использование севооборотов и учет экологических и биологических особенностей возделывания масличных культур.                                                                                                  |

Источник: авторская разработка на основании [12, 13]

Подводя итог, можно сформулировать основные выводы проведенного исследования. Устойчивое производство продукции на современном этапе развития общества имеет огромное значение, позволяя обеспечивать население экологически чистыми продуктами питания в рамках обеспечения продовольственной безопасности, эффективно использовать ресурсы с учетом климатических условий в пределах отдельного региона, уменьшать негативное влияние на экологическую ситуацию территории.

Немаловажную роль в устойчивом производстве сельскохозяйственной продукции играет возделывание масличных культур, ценность и значение которых в настоящее время возрастает.

В рамках устойчивого производства масличных культур необходимо комплексно рассматривать элементы, факторы, принципы, оказывающие влияние на устойчивость производства, инструменты обеспечения устойчивости производства масличных культур.

Концепция устойчивого производства масличных культур, разработанная авторами, раскрывает его составляющие, при этом отдельно выделяется климат, как один из основных элементов концепции, который, свою очередь, оказывает влияние на развитие сельских терри-



торий. Кроме того, четко прослеживается взаимосвязь представленной в работе концепции устойчивого развития масличных культур с целями устойчивости ФАО.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Декларация Рио-де-Жанейро по окружающей среде и развитию* от 14 июня 1992 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/8308082?ysclid=m28kjrtozf446096650> (дата обращения: 17.05.2024).
2. *Sustainable Agriculture: A Solution for Food Security and Climate Change Source* [Электронный ресурс] // Greenberg News. – URL: <https://greenberg.news/sustainable-agriculture-a-solution-for-food-security-and-climate-change> (дата обращения: 20.03.2024).
3. *О концепции* перехода Российской Федерации к устойчивому развитию: Указ Президента РФ от 01 апреля 1996 г. № 440 // Собрание законодательства РФ. – № 15, ст. 1572.
4. *Устойчивое* производство продовольствия и ведение сельского хозяйства [Электронный ресурс] // Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. – URL: <https://www.fao.org/sustainability/ru/> (дата обращения: 04.04.2024).
5. *Global production of vegetable oils from 2000/01 to 2023/24 (in million metric tons)* [Электронный ресурс] // The statistics portal Statista. – URL: [https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.96caa732-664cc283-05e56c16-74722d776562/https://www.statista.com/statistics/263978/global-vegetable-oil-production-since-2000-2001/](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.96caa732-664cc283-05e56c16-74722d776562/https://www.statista.com/statistics/263978/global-vegetable-oil-production-since-2000-2001/) (дата обращения: 13.04.2024).
6. *Cereals and oilseeds* [Электронный ресурс] // Onlane catalog techonfronts. – URL: <https://techconfronts.com/17184850-cereals-and-oilseeds> (дата обращения: 06.04.2024).
7. *Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production* [Электронный ресурс] / ed. K. G. Surinder. – URL: <https://technologytimes.pk/2023/05/02/breeding-oilseed-crops-for-sustainable-production/> (дата обращения: 24.04.2024).
8. *О производстве* растительных масел, жмыхов и шротов в 2023–2024 гг. [Электронный ресурс] // Экспертно-аналитический центр агробизнеса. – URL: <https://ab-centre.ru/news/o-proizvodstve-rastitelnyh-masel-zhmyhov-i-shrotoy-v-2023-2024-gg> (дата обращения: 02.05.2024).
9. *Стратегическая работа* ФАО по повышению устойчивости производства продукции и ведения сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.uni-sz.bg/wp-content/uploads/biblioteka/file/TUNI10015719.pdf> (дата обращения: 18.04.2024).
10. *Деградация почв* – бич XXI века [Электронный ресурс]. – URL: <https://glavagronom.ru/articles/degradaciya-pochv-bich-xxi-veka> (дата обращения: 07.05.2024).
11. *Benefits of Crop Rotation for Sustainable Agriculture* [Электронный ресурс]. – URL: <https://tracextech.com/5-benefits-of-crop-rotation-for-sustainable-agriculture/#:~:text=Crop%20rotation%20prevents%20nutrient%20depletion,and%20promote%20long-term%20agricultural%20sustainability> (дата обращения: 08.04.2024).
12. *Завальнюк Е.Ю.* Устойчивое производство масличных культур: факторы и принципы // Russian Journal of Management. – 2023. – Т. 11, № 4. – С. 260–270.
13. *Управление по ЦУР* [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fao.org/office-of-sustainable-development-goals/ru> (дата обращения: 12.04.2024).
14. *Завальнюк Е.Ю.* Оптимальное размещение устойчивого производства масличных культур в Новосибирской области // Вопросы региональной экономики. – 2024. – № 2 (59). – С. 38–47.
15. *Стратегия* научно-технологического развития отрасли растениеводства Новосибирской области до 2035 года / Е.В. Рудой, М.С. Петухова, С.А. Шелковников [и др.]. – Новосибирск: НЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. – 156 с.

## REFERENCES

1. *Deklaraciya Rio-de-Zhanejro po okružhayushhej srede i razvitiyu ot 14 iyunya 1992 g.* (Rio de Janeiro Declaration on Environment and Development of June 14, 1992), available at: <https://docs.cntd.ru/document/8308082?ysclid=m28kjrtozf446096650> (May 17, 2024).

2. Sustainable Agriculture: A Solution for Food Security and Climate Change Source, *Greenberg News*, available at: <https://greenberg.news/sustainable-agriculture-a-solution-for-food-security-and-climate-change> (March 20, 2024).
3. *Sobranie zakonodatel'stva RF*, No. 15, article 1572.
4. <https://www.fao.org/sustainability/ru/> (April 04, 2024).
5. Global production of vegetable oils from 2000/01 to 2023/24 (in million metric tons), *The statistics portal Statista*, available at: [https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.96caa732-664cc283-05e56c16-74722d776562/https/www.statista.com/statistics/263978/global-vegetable-oil-production-since-2000-2001/](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.96caa732-664cc283-05e56c16-74722d776562/https/www.statista.com/statistics/263978/global-vegetable-oil-production-since-2000-2001/) (April 13, 2024).
6. Cereals and oilseeds, *Online catalog techonfronts*, available at: <https://techconfronts.com/17184850-cereals-and-oilseeds> (April 06, 2024).
7. Surinder K.G., Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production, available at: <https://technologytimes.pk/2023/05/02/breeding-oilseed-crops-for-sustainable-production/> (April 24, 2024).
8. *E'kspertno-analiticheskij centr agrobiznesa*, available at: <https://ab-centre.ru/news/o-proizvodstve-rastitelnyh-masel-zhmyhov-i-shrotoy-v-2023-2024-gg> (May 02, 2024).
9. <http://www.uni-sz.bg/wp-content/uploads/biblioteka/file/TUNI10015719.pdf> (April 18, 2024).
10. *Degradaciya pochv – bich XXI veka* (Soil degradation - the scourge of the 21st century), available at: <https://glavagronom.ru/articles/degradaciya-pochv-bich-xxi-veka> (May 07, 2024).
11. Benefits of Crop Rotation for Sustainable Agriculture, available at: <https://tracextech.com/5-benefits-of-crop-rotation-for-sustainable-agriculture/#:~:text=Crop%20rotation%20prevents%20nutrient%20depletion,and%20promote%20long-term%20agricultural%20sustainability> (April 08, 2024).
12. Zaval'nyuk E.Yu. *Russian Journal of Management*, 2023, Vol. 11, No. 4, pp. 260–270. (In Russ.)
13. *Upravlenie po CzUR* (SDG Management), available at: <https://www.fao.org/office-of-sustainable-development-goals/ru> (April 12, 2024).
14. Zaval'nyuk E.Yu. *Voprosy regional'noj e'konomiki*, 2024, No. 2 (59), pp. 38–47. (In Russ.)
15. Rudoj E.V., Petuxova M.S., Shelkovnikov S.A. [i dr.], *Strategiya nauchno-texnologicheskogo razvitiya otrasli rastenievodstva Novosibirskoj oblasti do 2035 goda* (Strategy for Scientific and Technological Development of the Novosibirsk Region's Crop Production Industry until 2035), Novosibirsk: NCz NGAU "Zolotoj kolos", 2021, 156 p.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ АГРАРНОЙ ОТРАСЛИ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

<sup>1,3</sup>И.Г. Кузнецова, доктор экономических наук, профессор

<sup>2</sup>О.М. Валь, кандидат экономических наук, доцент

<sup>1</sup>Новосибирский государственный аграрный университет

<sup>2</sup>Арктический государственный агротехнологический университет

<sup>3</sup>Сибирский государственный университет путей сообщения

E-mail: Olya.kuzn@list.ru

**Ключевые слова:** продовольственная безопасность, национальная безопасность, продукты питания, продовольственное обеспечение, государственная поддержка, организационно-экономический механизм, человеческий капитал, Крайний Север, региональное развитие, аграрная сфера.

**Реферат.** Исследована проблема необходимости государственной поддержки традиционных для Северных районов видов сельскохозяйственной деятельности. Рассмотрены основные показатели обеспечения Республики Саха (Якутия) продуктами питания и их соответствие медицинским стандартам, установленным Министерством здравоохранения. Выявлено, что уровень продовольственного снабжения в регионе не соответствует рекомендованным нормам как по количественным, так и по качественным показателям производимых в регионе продуктов питания. В частности, отмечается дефицит определённых видов продовольствия, негативно сказывающийся на здоровье населения и сохранении традиционного уклада этой территории. В результате анализа сделан вывод, что вместе с увеличением объемов инвестиций со стороны государства в сельское хозяйство Республики Саха (Якутия) происходит снижение валовой продукции в данной сфере, что свидетельствует о недостаточной эффективности существующих мер поддержки. Можно утверждать, что при разработке дальнейших мер госрегулирования необходимо более внимательно сосредоточиться на господдержке традиционных сельскохозяйственных видов деятельности, в частности – на разведении абoriginalного скота, табунном коневодстве, пушном промысле и рыболовстве. Предложен авторский подход к применению государственной поддержки, основным направлением которого является осуществление организационно-экономических мер, направленных на дальнейшее сохранение традиционного уклада и продовольственного суверенитета региона.

## ENSURING FOOD SECURITY THROUGH THE PRISM OF STATE SUPPORT FOR THE AGRICULTURAL SECTOR OF THE FAR NORTH

<sup>1,3</sup>I.G. Kuznetsova, Doctor of Economics, Professor

<sup>2</sup>O.M. Val, Candidate of Economics, Associate Professor

<sup>1</sup>Novosibirsk State Agrarian University

<sup>2</sup>Arctic State Agrotechnological University

<sup>3</sup>Siberian Transport University

**Keywords:** food security, national security, food products, food supply, state support, organizational and economic mechanism, human capital, Far North, regional development, agrarian sphere.

**Abstract.** The problem of necessity of state support of traditional for the Northern areas types of agricultural activities is investigated. The main indicators of food supply in the Republic of Sakha (Yakutia) and their compliance with medical standards established by the Ministry of Health are considered. It was revealed that the level of food supply in the region does not meet the recommended standards both in terms of quantitative and qualitative indicators of food products produced in the region. In particular, there is a deficit of certain types of food, which negatively affects the health of the population and the preservation of the traditional way of life of the territory. As a result of the analysis, it was concluded that as the volume of

*investments by the state in agriculture increases, the gross output in this sphere decreases, which indicates that the existing support measures are not effective enough. It can be argued that when developing further measures of state regulation it is necessary to focus more carefully on state support of traditional agricultural activities, in particular, on the breeding of indigenous cattle, herd horse breeding, fur hunting and fishing. The author proposes an approach to the application of state support, the main direction of which is the implementation of organizational and economic measures aimed at further preservation of the traditional way of life and food sovereignty of the region.*

Северные территории России с их уникальным климатом и природными ресурсами на протяжении веков стали домом для многих традиционных видов деятельности, таких как коневодство, пушной промысел, северное рыболовство звероводство и разведение якутского скота. Эти отрасли не только имеют глубокие исторические корни, но и играют важную роль в социальной и экономической структуре северных регионов [1].

Целью исследования является разработка организационно-экономических мероприятий, направленных на поддержание самобытного образа жизни регионов Крайнего Севера.

Объектом исследования являются отношения, возникающие в процессе оказания государственной поддержки в сфере традиционных для Крайнего Севера видов сельскохозяйственной деятельности.

Предметом исследования является совокупность социально-экономических условий, принципов и факторов, влияющих на поддержку сельскохозяйственной деятельности в условиях Крайнего Севера.

В последнее время наблюдается значительное внимание к вопросам этногенеза и адаптации людей к их природному окружению. Согласно этой теории, каждый этнос формируется как специфическая адаптация человека к уникальным условиям конкретного ландшафта и биоценоза, что подразумевает взаимосвязь между культурными практиками, социальными структурами и природными ресурсами.

Однако в условиях стремительных изменений, в том числе в связи с экологическими проблемами, устоявшийся традиционный уклад, в котором веками проживал коренной народ, оказывается в настоящее время под угрозой. Разрушение уклада жизни ведёт к созданию новых условий существования, в результате чего национальная культура и идентичность может быть нарушена уже в ближайшее время.

Говоря о гастрономических привычках коренного народа регионов Крайнего Севера, можно сделать вывод, что в основе их формирования находится теория этногенеза, которая рассматривает этнос как сложный феномен, связанный с адаптацией человека к разнообразным экосистемам, поскольку каждая этническая группа формируется в уникальных условиях места обитания, что непосредственно влияет на её культурные, социальные и экономические характеристики [2].

Представленный ниже анализ продовольственного обеспечения в Республике Саха (Якутия) показывает тревожную тенденцию [3], связанную со снижением как душевого потребления продуктов питания, так и общей энергетической ценности рациона.

В среднем в год на душу населения приходится 86 кг мяса, 271 л молока, 245 шт. яиц, 9,1 л растительного масла и 131 кг хлебной продукции [4]. При этом, исходя из Рекомендаций Минздрава, рациональные нормы потребления в год на человека составляют по мясу и мясопродуктам 73 кг., молоку и молочным продуктам – 340 л, яйцам – 260 шт., растительному маслу – 7 л, хлебу и хлебобулочным продуктам – 96 кг, картофелю – 90 кг (табл. 1) [5].



Таблица 1

**Потребление основных продуктов питания в Республике Саха (Якутия)**  
**Consumption of basic food products in the Republic of Sakha (Yakutia)**

| Показатель                       | Год   |       |       |       |       | Норма |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                  | 2011  | 2015  | 2018  | 2020  | 2021  |       |
| Мясо и мясопродукты, кг          | 88,0  | 86,0  | 87,0  | 86,0  | 86,0  | 73,0  |
| Молоко и молочные продукты, л    | 285,0 | 275,0 | 276,0 | 276,0 | 271,0 | 340,0 |
| Яйца, шт.                        | 224,0 | 228,0 | 224,0 | 229,0 | 245,0 | 260,0 |
| Растительное масло, л            | 9,0   | 9,1   | 9,3   | 9,0   | 9,1   | 7,0   |
| Хлеб и хлебобулочные изделия, кг | 134,  | 134,0 | 134,0 | 132,0 | 131,0 | 96,0  |
| Картофель, кг                    | 82,   | 80,0  | 88,0  | 88,0  | 78,0  | 90,0  |

Средние нормы питания не всегда отражают необходимое разнообразие и индивидуальные потребности различных групп населения. Каждый человек уникален, и его пищевые предпочтения, состояние здоровья, уровень физической активности значительно варьирует, что вызывает необходимость в более гибком и многогранном подходе к определению потребности в продовольствии, который должен учитывать не только количественные, но и качественные аспекты питания.

Сокращение душевого потребления продуктов питания часто связано со снижением доступности качественных продуктовых ресурсов, ростом цен на основные продукты и изменениями в потребительских предпочтениях [7]. В некоторых случаях социально-экономические изменения, такие как миграция населения и урбанизация, приводят к тому, что традиционные способы производства и потребления пищи теряют актуальность [9].

Недостаток соответствующей разнообразной и сбалансированной пищи приводит к ряду заболеваний и дефицитов, включая проблемы с иммунной системой и обменом веществ [8].

Что касается пороговых значений, то стоит заметить, что в новой Доктрине продовольственной безопасности, принятой в 2020 г., были введены и увеличены некоторые параметры [10]. Так, доля самообеспеченности сахаром и растительным маслом выросла с 80 % до 90 %, рыбой и рыбопродукцией – с 80 % до 85 %. Уровень обеспеченности мясопродуктами и молочными продуктами осталась на прежнем уровне и составляет не менее 90 % [10, 11]. Однако уровень самообеспеченности мясом в Республике Саха (Якутия) составляет 27,7 %, что в значительной степени отстает от пороговых значений, изложенных в Доктрине (табл. 2) [12].

Таблица 2

**Уровень самообеспеченности основной сельскохозяйственной продукцией Республики Саха (Якутия), %**  
**Level of self-sufficiency in basic agricultural products in the Republic of Sakha (Yakutia), %**

| Показатель                | Год  |      |      |      |      |
|---------------------------|------|------|------|------|------|
|                           | 2017 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Мясо                      | 26,5 | 27,2 | 27,5 | 27,7 | 27,6 |
| Молоко                    | 58,7 | 57,6 | 57,9 | 58,1 | 58,2 |
| Яйцо                      | 54,7 | 59,0 | 60,2 | 61,8 | 60,8 |
| Картофель                 | 62,3 | 63,2 | 61,6 | 64,2 | 62,3 |
| Овощи и бахчевые культуры | 40,0 | 36,9 | 35,6 | 34,9 | 35,1 |

Потребность в продовольствии, определяемая Министерством экономического развития, основывается на усреднённых нормах питания, которые служат основой для расчёта прожиточного минимума. Данный подход функционирует как своего рода минимальный порог, существенно искажающий представление о реальном уровне удовлетворения потребностей граждан в продуктах питания.

Зачастую упрощённое восприятие приводит к недооценке проблем продовольственной безопасности. В некоторых северных регионах страны, особенно в удалённых, продовольственные товары являются практически недоступными. В результате прожиточный минимум, установленный на основе усреднённых данных, не учитывает специфические условия и реальную необходимость в обеспечении полноценного питания.

Счётная палата, проводя проверку государственной программы по развитию сельского хозяйства, разработанной региональным правительством Республики Саха (Якутия), выявила планы на снижение показателей самообеспечения сельскохозяйственной продукцией. Согласно расчётам правительства, в 2024 г. в регионе ожидается следующее снижение: мясо – на 2,4 %, молоко – на 5 %, яйца – на 2,1 %, картофель – на 7,1 %, овощи – на 8,2 %. В 2025 г. прогнозируется дальнейшее уменьшение показателей: мясо – на 2,2 %, молоко – на 5,2 %, яйца – на 5,9 %, картофель – на 6,8 %, овощи – на 7,5 %.

В связи с этим современное состояние агропромышленного комплекса Республики Саха (Якутия) требует тщательного рассмотрения для выработки эффективных мер по его развитию [13].

Традиционно в Якутии выделяют несколько категорий сельскохозяйственных предприятий, каждая из которых специализируется на определённом виде производства продукции (табл. 3).

Таблица 3

Структура сельскохозяйственного производства Республики Саха (Якутия), тыс. т  
Structure of agricultural production in the Republic of Sakha (Yakutia), thousand tons

| Показатель                                    | Год     |         |         |         |
|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                                               | 2010    | 2015    | 2020    | 2023    |
| Продукция сельского хозяйства, всего, в т. ч. | 17064,1 | 20722,7 | 26198,3 | 27475,1 |
| растениеводства                               | 4741,4  | 6463,9  | 7822,9  | 7606,5  |
| доля растениеводства, %                       | 27,7    | 31,2    | 29,8    | 27,7    |
| животноводства                                | 12322,8 | 14682,2 | 18591,8 | 19868,5 |
| доля животноводства, %                        | 72,3    | 68,8    | 70,2    | 72,3    |

Размер субсидий на сельское хозяйство в республике демонстрирует колебания год от года, пикового значения они достигли в 2020 г. (2313 млн руб.) (табл. 4).

Таблица 4

Размеры бюджетных субсидий сельскохозяйственной отрасли  
Dynamics of budget subsidies to the agricultural sector

| Показатель                        | Год    |        |        |        |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                   | 2010   | 2015   | 2020   | 2023   |
| Российская Федерация              | 138070 | 163115 | 155077 | 142025 |
| Дальневосточный федеральный округ | 6272   | 7573   | 9368   | 12421  |
| Республика Саха (Якутия)          | 1562   | 2170   | 2313   | 2053   |

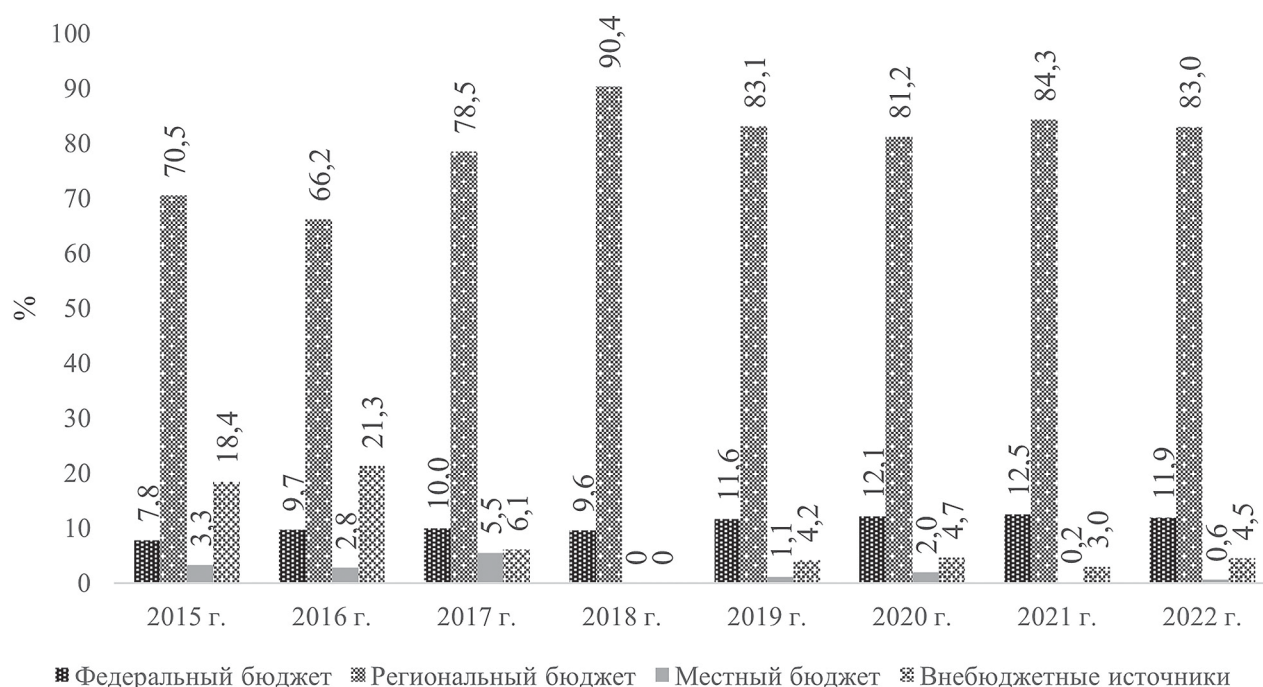
Основными источниками финансирования государственной поддержки развития сельского хозяйства в Республике Саха (Якутия) выступают Федеральный бюджет, региональный бюджет, местный бюджет и внебюджетные источники (рис. 1) [14].



Рис. 1. Классификация источников финансирования государственной поддержки сельскохозяйственной отрасли Республики Саха (Якутия)

Fig. 1. Classification of sources of financing of state support for the agricultural sector of the Republic of Sakha (Yakutia)

При этом доля регионального бюджета в финансировании аграрной сферы составляет 83 %, из федерального бюджета финансируется 11,9 %, из местного бюджета – 0,6 % и из внебюджетных источников – 4,5 % (рис. 2) [6].



Источник: составлено авторами по данным [6].

Рис. 2. Структура расходов на сельское хозяйство Республики Саха (Якутия) по источникам финансирования, %  
Fig. 2. Structure of agricultural expenditures in the Republic of Sakha (Yakutia) by sources of financing, %

На сегодняшний день субсидии играют основную роль в поддержке и развитии традиционных видов сельскохозяйственной деятельности. Они направлены на компенсацию затрат, связанных с приобретением сельскохозяйственной техники и оборудования, строительством и модернизацией объектов, внедрением инновационных технологий, поддержкой молодых сельхозпроизводителей и многими другими целями.

На сегодняшний день государственная помощь сельскому хозяйству в основном сосредоточена на развитии различных направлений: животноводства (72,6 %), табунного коневодства (1,9 %), растениеводства (3,4 %) и северного оленеводства (13,9 %) [11].

Объем государственной поддержки сельского хозяйства в России демонстрировал стабильный рост в последние годы. Так, в 2019 г. он составил 8 млрд руб., в 2020 г. – 9 млрд руб., в 2021 г. – 10 млрд руб., в 2022 г. – 12,5 млрд руб., а в 2023 г. эта сумма превысила 14 млрд руб. [7]

В 2023 г. также наблюдается увеличение ставок субсидий, что отражает стремление правительства к поддержке различных секторов сельского хозяйства. Конкретные изменения включают увеличение субсидий на производство и переработку сырого молока с 50 руб. до 60 руб. за 1 кг, а также рост поддержки для скотоводства в личных подсобных хозяйствах с 35 тыс. руб. до 37 тыс. руб. на одну корову. Увеличились также субсидии на табунное коневодство – с 3 тыс. до 5 тыс. руб. на одну кобылу, а на поддержку северного оленеводства – с 4 995,5 до 5 335,4 руб. на одного оленя [6, 7].

По нашему мнению, основные инструменты государственной поддержки развития традиционных видов сельскохозяйственной деятельности в Республике Саха (Якутия) должны быть сосредоточены на сохранении и разведении якутского скота, развитии табунного коневодства, северном рыболовстве и развитии звероводческих хозяйств и переработке кожевенно-мехового сырья (рис. 3) [15].

В условиях глобального изменения климата и истощения рыбных ресурсов необходимо переосмыслить существующие подходы к рыболовству. Ключевым аспектом этого процесса должна стать адаптация традиционных методов ловли к современным реалиям. Это требует интеграции устоявшихся знаний с современными технологиями ведения рыболовства и предполагает не только экономические меры поддержки, но и научные исследования, направленные на оценку рыбных запасов, разработку новых методов ловли, а также продвижение местной рыбной продукции с акцентом на её уникальность и высокое качество.

В сфере разведения якутского скота как традиционного вида деятельности, необходимо создать условия, способствующие улучшению генетического потенциала пород. Это подразумевает использование современных методов кормления и ветеринарной помощи, наряду с организацией эффективной системы сбыта продукции. В рамках предложенного подхода к государственной поддержке требуется выделение грантов для научно-исследовательских организаций, которые будут заниматься улучшением генетического потенциала якутского скота. Также необходимо предусмотреть следующие субсидии: компенсацию 50 % затрат на приобретение специализированного оборудования и материалов для разведения якутского скота и ухода за ним, а также предоставление субсидии на разведение в размере 100 тыс. руб. на каждую голову якутского скота.



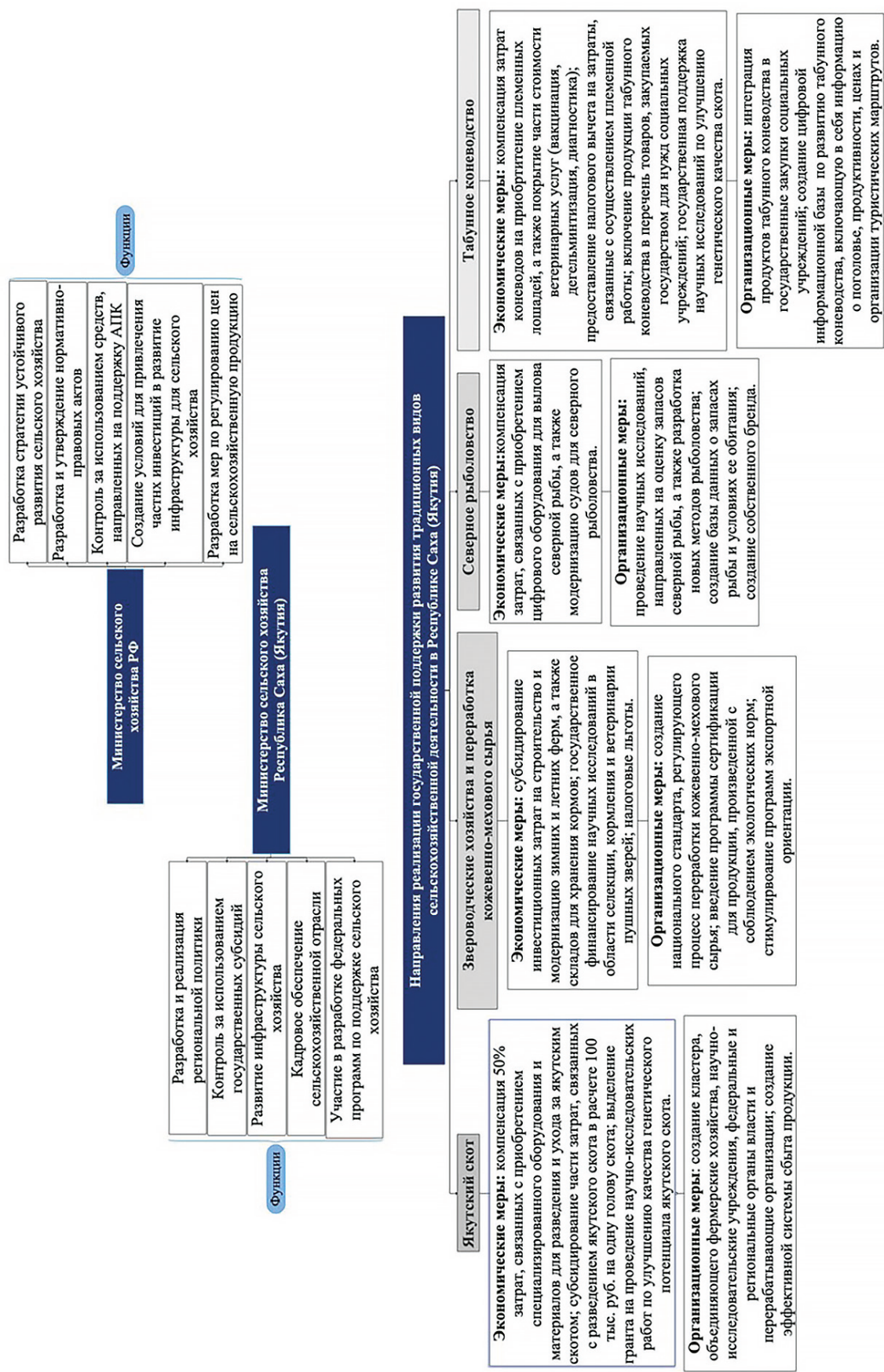


Рис. 3. Дальнейшие направления государственной поддержки развития традиционных видов сельскохозяйственной деятельности в Республике Саха (Якутия)

Fig. 3. Further directions of state support for the development of traditional types of agricultural activity in the Republic of Sakha (Yakutia)

Что касается дальнейшего развития звероводческих хозяйств и переработки кожевенно-мехового сырья, то поддержка этих направлений должна включать оптимизацию условий обитания животных с учётом их естественных потребностей и поведенческих особенностей. Это должно быть подкреплено субсидированием 50 % инвестиционных затрат на строительство и модернизацию зимних и летних ферм, а также складских помещений для хранения кормов.

С целью соблюдения установленных норм и стандартов переработки сырья предлагается разработка национального стандарта, регламентирующего процесс производства кожевенно-мехового сырья. Данный стандарт должен охватывать все этапы, включая прием, хранение, переработку и реализацию готовой продукции.

Развитие табунного скотоводства обладает значительным потенциалом для содействия социально-экономическому развитию и сохранению традиционных методов ведения сельского хозяйства. Для этого предлагается компенсировать расходы коневодов на приобретение высокопородных лошадей и частично покрывать затраты на ветеринарные услуги. Введение налогового вычета на расходы, связанные с племенной деятельностью, будет способствовать развитию малого и среднего бизнеса в сфере табунного коневодства.

Предложенные направления государственной поддержки традиционных видов сельскохозяйственной деятельности регионов Крайнего Севера играют ключевую роль в обеспечении устойчивого развития сельского хозяйства. Поддержка традиционных практик, адаптированных к суровым климатическим условиям Севера, не только позволит эффективно использовать местные ресурсы, но и обеспечит экологическую устойчивость. Таким образом, целенаправленные меры государственной политики становятся основой для развития аграрного сектора в условиях Крайнего Севера, способствуя сохранению уникального экономического потенциала и укреплению социальной стабильности в данных регионах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Концептуальные основы интеграции традиционных методов ведения сельскохозяйственного производства и современных технологий в Республике Саха (Якутия)* / О.М. Валь, И.Г. Кузнецова, А.Т. Стадник, А.А. Самохвалова // Вестник академии знаний. – № 4. – С. 89–92.
2. *Анализ формирования социальной и экономической безопасности Республики Саха (Якутия)* / Н. В. Бочкарев, Т.Н. Гаврильева, В.Р. Дарбасов [и др.]. – Якутск: СВФУ М. К. Аммосова, 2020. – 124 с.
3. *Дарбасов В. Р., Охлопков М. Н., Федорова Е. Я.* Анализ и оценка продовольственного рынка Республики Саха (Якутия) // Региональная экономика: теория и практика. – 2021. – Т. 19, № 4 (487). – С. 755–777.
4. *Сельское хозяйство в Республике Саха (Якутия) 2022 г.: стат. сб.* / Терр. орган Федер. службы гос. стат. по Респ. Саха (Якутия). – Якутск, 2022. – 211 с.
5. *Министерство здравоохранения Российской Федерации: сайт.* – URL: <https://minzdrav.gov.ru/opendata/7707778246-normpotrebproduct/visual> (дата обращения 05.11.2024).
6. *Статистический ежегодник Республики Саха (Якутия)* // Терр. орган Федер. службы гос. стат. по Респ. Саха (Якутия). – Якутск, 2024. – 652 с.
7. *Роднина Н. В.* Государственное регулирование продовольственного обеспечения регионов Севера // Современная экономика: проблемы и решения. – 2017. – № 9. – С. 104–113.
8. *Воробьева Н. А., Трошина Т. И.* Человек и север: к вопросу о социокультурных и медико-биологических источниках жизнестойкости / Н. А. Воробьева, Т. И. Трошина // Экология человека. – 2019. – № 7. – С. 42–48.
9. *Тарасов М. Е., Тарасова-Сивцева О. М.* Современное состояние и уровень продовольственного обеспечения Республики Саха (Якутия) // Вестник АГАТУ. – 2022. – № 1 (5). – С. 104–111.
10. *Самохвалова А. А., Эссауленко Д. В.* Системные факторы развития сельского хозяйства // АПК: экономика, управление. – 2021. – № 6. – С. 19–25.

11. Стадник А. Т., Самохвалова А. А., Эссауленко Д. В. Организационно-экономические основы формирования стабильного агропромышленного производства // АПК: экономика, управление. – 2020. – № 11. – С. 33–44.
12. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Респ. Саха (Якутия): сайт. – URL: <https://sakha.gks.ru/> (дата обращения 07.11.2024).
13. Халыева Д. С., Егорова И. К. Устойчивое развитие и традиционная хозяйственная деятельность коренного населения Республики Саха (Якутия) // Открывая Арктику для себя и других: сб. науч. ст. науч.-практ. конф. ФГБОУ ВО «Арктический ГАТУ». Якутск, 26 сентября 2023 г. – Якутск: СВФУ им. М. К. Аммосова, 2023. – С. 125–130.
14. Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2020–2024 годы [Электронный ресурс]: гос. прогн. Респ. Саха (Якутия): утв. постановлением Правительства РС (Я) от 18 июля 2022 г. № 447 О государственной программе Республики Саха (Якутия) «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». – URL: <https://minsel.sakha.gov.ru/Gosudarstvennie-i-tselevie-programmi/perechen-gosudarstvennyh-programm-v-tom-chisle-rekvizity-i-tekst-gosudarstvennyh-programm/gosudarstvennaja-programma-respubliki-saha-jakutija-razvitie-selskogo-hozjajstva-i-regulirovanie-rynkov-selskohozjajstvennoj-produktsii-syrja-i-prodovolstvija> (дата обращения 05.11.2024).
15. Валь О. М., Кузнецова И. Г. Анализ тенденций развития Республики Саха (Якутия): вызовы и возможности // Инновации и продовольственная безопасность. – 2024. – № 2. – С. 96–102.

## REFERENCES

1. Val' O.M., Kuzneczova I.G., Stadnik A.T., Samoxvalova A.A., *Vestnik akademii znanij*, No. 4, pp. 89–92. (In Russ.)
2. Bochkarev N.V., Gavril'eva T.N., Darbasov V.R. [i dr.], *Analiz formirovaniya social'noj i e'konomicheskoy bezopasnosti Respubliki Saxa (Yakutiya)* (Analysis of the formation of social and economic security in the Republic of Sakha (Yakutia)), Yakutsk: SVFU M. K. Ammosova, 2020, 124 p.
3. Darbasov V.R., Oxlopkov M.N., Fedorova E.Ya., *Regional'naya e'konomika: teoriya i praktika*, 2021, Vol. 19, No. 4 (487), pp. 755–777. (In Russ.)
4. *Sel'skoe xozjajstvo v Respublike Saxa (Yakutiya) 2022 g.* (Agriculture in the Republic of Sakha (Yakutia) 2022), Yakutsk, 2022, 211 p.
5. <https://minzdrav.gov.ru/opendata/7707778246-normpotrebproduct/visual> (November 05, 2024).
6. *Statisticheskij ezhegodnik Respubliki Saxa (Yakutiya)* (Statistical Yearbook of the Sakha Republic), Yakutsk, 2024, 652 p.
7. Rodnina N.V. *Sovremennaya e'konomika: problemy i resheniya*, 2017, No. 9, pp. 104–113. (In Russ.)
8. Vorob'eva N.A., Troshina T.I., *E'kologiya cheloveka*, 2019, No. 7, pp. 42–48. (In Russ.)
9. Tarasov M.E., Tarasova-Sivceva O.M., *Vestnik AGATU*, 2022, No. 1 (5), pp. 104–111. (In Russ.)
10. Samoxvalova A.A., E'ssaulenko D.V., *APK: e'konomika, upravlenie*, 2021, No. 6, pp. 19–25. (In Russ.)
11. Stadnik A.T., Samoxvalova A.A., E'ssaulenko D.V., *APK: e'konomika, upravlenie*, 2020, No. 11, pp. 33–44. (In Russ.)
12. <https://sakha.gks.ru/> (November 07, 2024).
13. Xaly'eva D.S., Egorova I.K. *Otkry'vaya Arktiku dlya sebya i drugix* (Discovering the Arctic for ourselves and others), Collection of scientific articles of the Scientific-Practical Conference of FGBOU VO “Arctic GATU”, Yakutsk, September 26, 2023, Yakutsk: SVFU im. M. K. Ammosova, 2023, pp. 125–130. (In Russ.)
14. <https://minsel.sakha.gov.ru/Gosudarstvennie-i-tselevie-programmi/perechen-gosudarstvennyh-programm-v-tom-chisle-rekvizity-i-tekst-gosudarstvennyh-programm/gosudarstvennaja-programma-respubliki-saha-jakutija-razvitie-selskogo-hozjajstva-i-regulirovanie-rynkov-selskohozjajstvennoj-produktsii-syrja-i-prodovolstvija> (November 05, 2024).
15. Val' O.M., Kuzneczova I.G., *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2024, No. 2, pp. 96–102. (In Russ.)



## К ВОПРОСУ О ПРОБЛЕМАХ И ТЕНДЕНЦИЯХ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Я.С. Никольский, аспирант

Новосибирский государственный университет экономики и управления

E-mail: nikolsky1996@yandex.ru

**Ключевые слова:** агропромышленный комплекс, АПК, комплексное развитие, проблемы развития, перспективы развития, сельское хозяйство, Новосибирская область, производство продукции, экономика региона, анализ тенденций.

**Реферат.** Изучены экономические и организационные факторы, которые влияют на конкурентоспособность сельскохозяйственных предприятий в регионе, выявлены проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса Новосибирской области. Анализ различных аспектов АПК Новосибирской области, таких как динамика производства и выручки от готовой пищевой продукции, объемы экспорта сельскохозяйственной продукции за рубеж, а также состояние сельскохозяйственной техники в регионе, позволил получить общую картину состояния агропромышленного комплекса. Исследование показало, что за последнее десятилетие АПК Новосибирской области продемонстрировал значительный рост, позволив региону достичь новых высот по различным показателям. Однако, как было выявлено в ходе анализа, 2023 год оказался не таким успешным для Новосибирской области, особенно в сравнении с 2022 годом. Анализируя эти аспекты, автор обнаружил ряд проблем, с которыми сталкивается регион. К числу проблем агропромышленного комплекса Новосибирской области можно отнести следующие: недостаток зарубежного инвестирования, устаревание парка сельскохозяйственной техники и медленное обновление основных её видов, сложность с выделением небольших кредитных средств для малых форм крестьянских хозяйств, снижение прибыли от экспорта продукции АПК, а также другие проблемы, с которыми сталкивается агропромышленный комплекс региона. В связи с этим разработан ряд рекомендаций, которые помогут АПК Новосибирской области преодолеть текущие трудности и, при условии их реализации, повысить конкурентоспособность и эффективность агропромышленного комплекса.

## ON THE ISSUE OF PROBLEMS AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL PRODUCERS IN THE NOVOSIBIRSK REGION

Y.S. Nikolsky, PhD student

Novosibirsk State University of Economics and Management

**Keywords:** agro-industrial complex, agro-industrial complex, integrated development, development problems, development prospects, agriculture, Novosibirsk region, production, regional economy, trend analysis.

**Abstract.** The study is devoted to the study of economic and organizational factors that affect the competitiveness of agricultural enterprises in the region, as well as the identification of problems and prospects for the development of the agro-industrial complex of the Novosibirsk region. An analysis of various aspects of the agro-industrial complex of the Novosibirsk region, such as the dynamics of acreage, the volume of agricultural exports abroad, the dynamics of production and revenue from finished food products, as well as the state of agricultural machinery in the region, allowed us to get an overall picture of the state of the agro-industrial complex. The study showed that over the past decade, the agro-industrial complex of the Novosibirsk region has demonstrated significant growth, allowing the region to reach new heights in various indicators. However, as it was revealed during the analysis, 2023 was not so successful for the Novosibirsk region, especially in comparison with 2022. Analyzing these aspects, the author found a number of problems faced by the region. Among the problems of the agro-industrial complex of the Novosibirsk region are the



*following: lack of financing from foreign investors, obsolescence of the fleet of agricultural machinery and slow renewal of its main types, difficulty in allocating small credit funds for small forms of farms, reduced profits from the export of agricultural products as well as other problems faced by the agro-industrial complex of the Novosibirsk region. It is worth adding that the author has also developed a number of recommendations that will help the agro-industrial complex of the Novosibirsk region overcome current difficulties and, subject to their implementation, increase the competitiveness and efficiency of the agro-industrial complex.*

За последние десятилетия агропромышленный комплекс Новосибирской области претерпел значительные изменения. Сегодня он достиг новых высот в своем развитии, демонстрируя впечатляющие экономические результаты [1, 2]. Это выражается в росте экспорта продукции, увеличении выручки от реализации готовой пищевой продукции и в других показателях.

Однако, несмотря на достигнутые успехи, агропромышленный комплекс по-прежнему остается обширной областью для изучения. Именно поэтому представляется целесообразным исследовать проблемы и тенденции развития сельскохозяйственных производителей Новосибирской области.

Исследование охватывает несколько разносторонних, но важных аспектов:

динамику выручки предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности Новосибирской области;

оснащение сельскохозяйственной техникой хозяйств Новосибирской области;

экспорт продукции АПК, произведенной непосредственно в Новосибирской области.

По мнению автора, эти аспекты дают всестороннее представление о различных составляющих агропромышленного комплекса и позволяют глубже изучить нюансы проблемы его развития.

Однако важно упомянуть и другие трудности, которые испытывает агропромышленный комплекс Новосибирской области. Это позволит получить более полное представление о ситуации.

Следует начать с рассмотрения развития и популяризации науки в Новосибирской области. Ведь без науки невозможно полноценное развитие всех сфер жизнедеятельности человека, включая агропромышленный комплекс.

Как следует из научной статьи «Система государственной поддержки научно-технологического развития отрасли растениеводства Новосибирской области», написанной С.А. Шелковниковым и М.С. Петуховой, в регионе проводится целый ряд мероприятий, направленных на поддержку научно-технического прогресса. Авторы статьи отмечают: «Так, на конкурсной основе из федерального бюджета осуществляется финансирование мультидисциплинарного научно-образовательного центра мирового уровня «Сибирского биотехнологического научно-образовательного центра» (АгроНОЦ) с агротехнической специализацией. Этот центр создается при активном участии Правительства Новосибирской области в рамках национального проекта «Наука». Основные задачи АгроНОЦа включают создание системы трансфера агротехнологий в реальный сектор экономики, совершенствование системы подготовки квалифицированных кадров для агроиндустрии, а также разработку и реализацию механизмов управления» [3]. Следует подчеркнуть, что некоторые проекты, реализуемые в рамках данного центра, имеют стоимость до 1 млрд руб.

В статье «Формирование спроса на экспортоориентированную продукцию АПК Сибири» отечественные авторы С.А. Шелковников и К.В. Чепелева пишут о достижениях агропромышленного комплекса Новосибирской области. Они отмечают: «В Сибирском федеральном округе наблюдается позитивная динамика создания новых продуктовых брендов. За последний год этот показатель увеличился на 26 единиц, что составляет 47,3 % от общего числа» [4]. Действительно, данные, приведенные в научной статье, показывают, что среди регионов-лидеров Сибирского федерального округа (СФО) по количеству региональных продуктовых брен-

дов можно выделить Томскую, Новосибирскую области и Алтайский край [5]. В исследовании также приводятся интересные данные о том, что Новосибирская область занимает второе место среди производителей (137 брендов), опережает её только Алтайский край (175 брендов). На третьем месте с большим отрывом находится Омская область (69 брендов).

Помимо того, что Новосибирская область отстаёт от Алтайского края по количеству производителей, существует ещё одна, не менее серьёзная проблема с точки зрения экономики: значительное сокращение иностранных инвестиций в компании региона, включая сельскохозяйственные.

Особый интерес представляет исследование, проведённое учёными-экономистами А.В. Кузнецовым, С.Н. Чирихиным и И.О. Максимовым. В статье под названием «Новосибирская область: нереализованный потенциал привлечения прямых иностранных инвестиций», опубликованной в 2020 г., они приводят следующие данные: «В 2014 году в Новосибирской области был зафиксирован чистый отток прямых иностранных инвестиций (ПИИ) в размере 51 миллиона долларов. В 2015 году ситуация изменилась, и положительное сальдо по региону составило 42 миллиона долларов. Однако уже в 2016 году ситуация повторилась, и чистый отток достиг 25 миллионов долларов. В 2017 году наблюдался незначительный прирост ПИИ, но уже в первом полугодии 2018 года ситуация кардинально изменилась. Чистый отток инвестиций достиг колоссальных 519 миллионов долларов. Таким образом, можно сделать вывод о неудовлетворительных результатах привлечения ПИИ в регион. Неблагоприятная ситуация с иностранными инвестициями в Новосибирской области является частным случаем более общей проблемы – привлечения инвестиций в основной капитал региона» [6]. Следует отметить, что статья была опубликована в 2020 г. К 2024 г. ситуация с привлечением инвестиций в регион стала ещё более сложной. Из-за санкций, введенных в 2014 г., пандемии, начавшейся в 2019 г., а также более серьёзных ограничений, принятых после 2022 г., новые крупные инвестиции со стороны западных компаний стали практически невозможны. А ведь именно они до этих событий составляли большую часть иностранных вложений.

Сейчас, в 2024 г., можно уверенно говорить о масштабных иностранных инвестициях только со стороны Китая, что, собственно, и происходит. Например, недавно появилась новость о том, что на территории Новосибирской области появится производственный комплекс по переработке масличных культур. Инвестором проекта выступит компания ООО «Маслов». Общий объём инвестиций в проект составит около 3,7 млрд руб. [7, 8].

Несомненно, стоит сказать, что благодаря усилиям вышеперечисленных учёных-экономистов, которые занимались исследованием и анализом агропромышленного комплекса Новосибирской области, мы значительно расширили свои знания о различных проблемах и особенностях этого региона. Теперь мы можем более глубоко понимать, с какими вызовами сталкивается агропромышленный сектор и как их можно преодолеть.

Тем не менее за последнее время было опубликовано не так много научных работ, которые могли бы в полной мере осветить проблемы развития и трудности в работе АПК Новосибирской области.

Поэтому основная цель научной статьи заключается в том, чтобы провести анализ актуальных данных и определить текущее состояние сельскохозяйственных производителей в НСО.

Для достижения этой цели было необходимо решить несколько важных задач. Автор стремился выявить новые проблемы, существующие в агропромышленном комплексе, и предложить возможные пути их решения.

Кроме того, необходимо было уточнить факторы, способствующие возникновению этих проблем, чтобы найти эффективные способы их устранения и, как следствие, повысить эффективность АПК и сделать его более конкурентоспособным. Стоит также отметить, что практическая ценность данного исследования заключается в том, что предложенные рекомендации могут быть использованы не только на территории Новосибирской области. Многие проблемы

и факторы, выявленные в ходе исследования, также могут быть актуальны в контексте решения задач повышения конкурентоспособности в других регионах страны.

Объектом исследования в данной работе стал агропромышленный комплекс Новосибирской области, а именно экономические и организационные аспекты, влияющие на конкурентоспособность сельскохозяйственных предприятий.

В качестве источников информации использовались данные и статистика, предоставленные Министерством сельского хозяйства Новосибирской области.

Теоретическую и методическую базу исследования составили труды отечественных экономистов, специализирующихся на развитии агропромышленного комплекса в НСО и других регионах России. Также автор опирался на работы, содержащие статистические данные, релевантные теме исследования. Все использованные источники указаны в библиографическом списке.

В процессе работы были применены аналитические, статистические и сравнительные методы, что позволило обобщить и проанализировать динамику развития АПК Новосибирской области. Также были использованы различные общенаучные методы, такие как анализ, синтез, дедукция, индукция и аналогия, что позволило глубже понять исследуемую проблему.

Агропромышленный комплекс Новосибирской области, в котором занято более 27 000 человек, включает в себя более 400 крупных сельскохозяйственных предприятий и тысячи мелких фермерских хозяйств [9]. Это свидетельствует о том, что агропромышленный сектор играет ключевую роль в экономике региона и имеет стратегическое значение для обеспечения устойчивого развития общества [10].

Одним из основных показателей является объём валовой продукции. Следует отметить, что в 2023 г. этот объём заметно снизился по сравнению с 2022 г., упав примерно на 34,6 млрд рублей. Более подробную информацию о годовой динамике можно увидеть на рисунке 1.

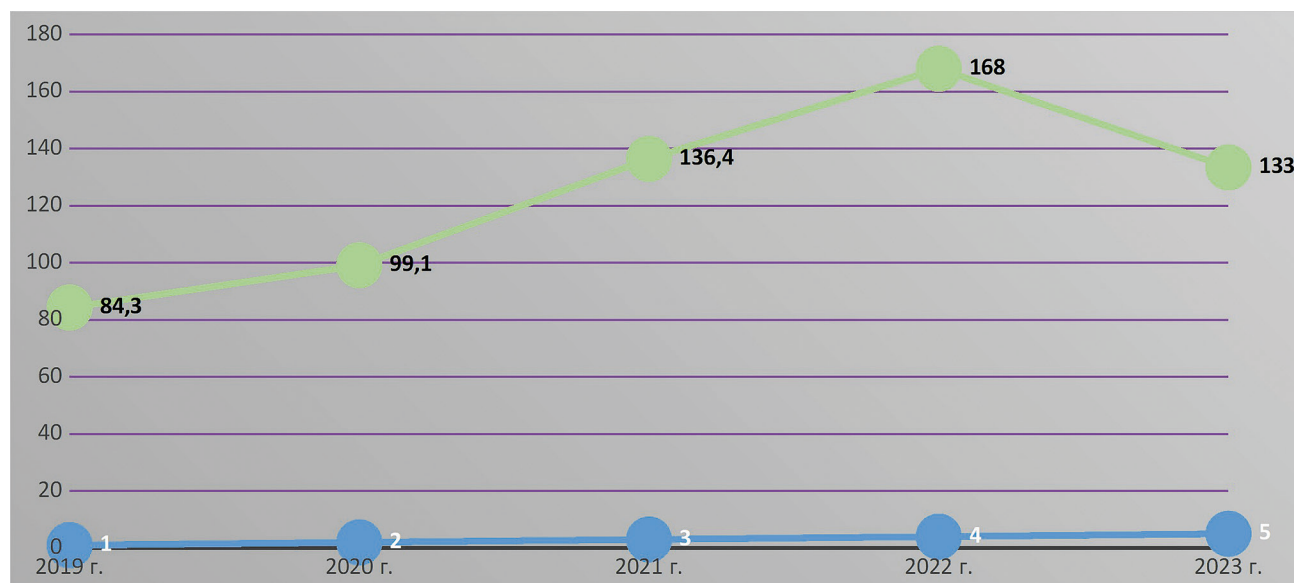


Рис. 1. Динамика объема валовой АПК продукции Новосибирской области в млрд руб. за период с 2019 по 2023 г. [9]

Fig. 1. Dynamics of gross agricultural output of the Novosibirsk Region in billions of rubles for the period from 2019 to 2023 [9]

Важно отметить, что снижение темпов роста валовой продукции агропромышленного комплекса Новосибирской области может указывать на наличие множества проблем в этой сфере. Среди них можно выделить неблагоприятные погодные условия, уменьшение спроса на

сельскохозяйственную продукцию, а также недостаточное финансирование и слабое развитие инфраструктуры.

Помимо динамики объёма валовой продукции, представленной на рисунке 1, также стоит обратить внимание на изменение объёмов производства готовой продукции в Новосибирской области. В 2023 г. предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности региона произвели товаров на сумму 256,8 млрд руб. Из них 195,2 млрд пришлось на пищевые продукты, а 61,6 млрд – на напитки [9].

На рисунке 2 представлена общая динамика выручки предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности Новосибирской области за период с 2019 по 2023 г.

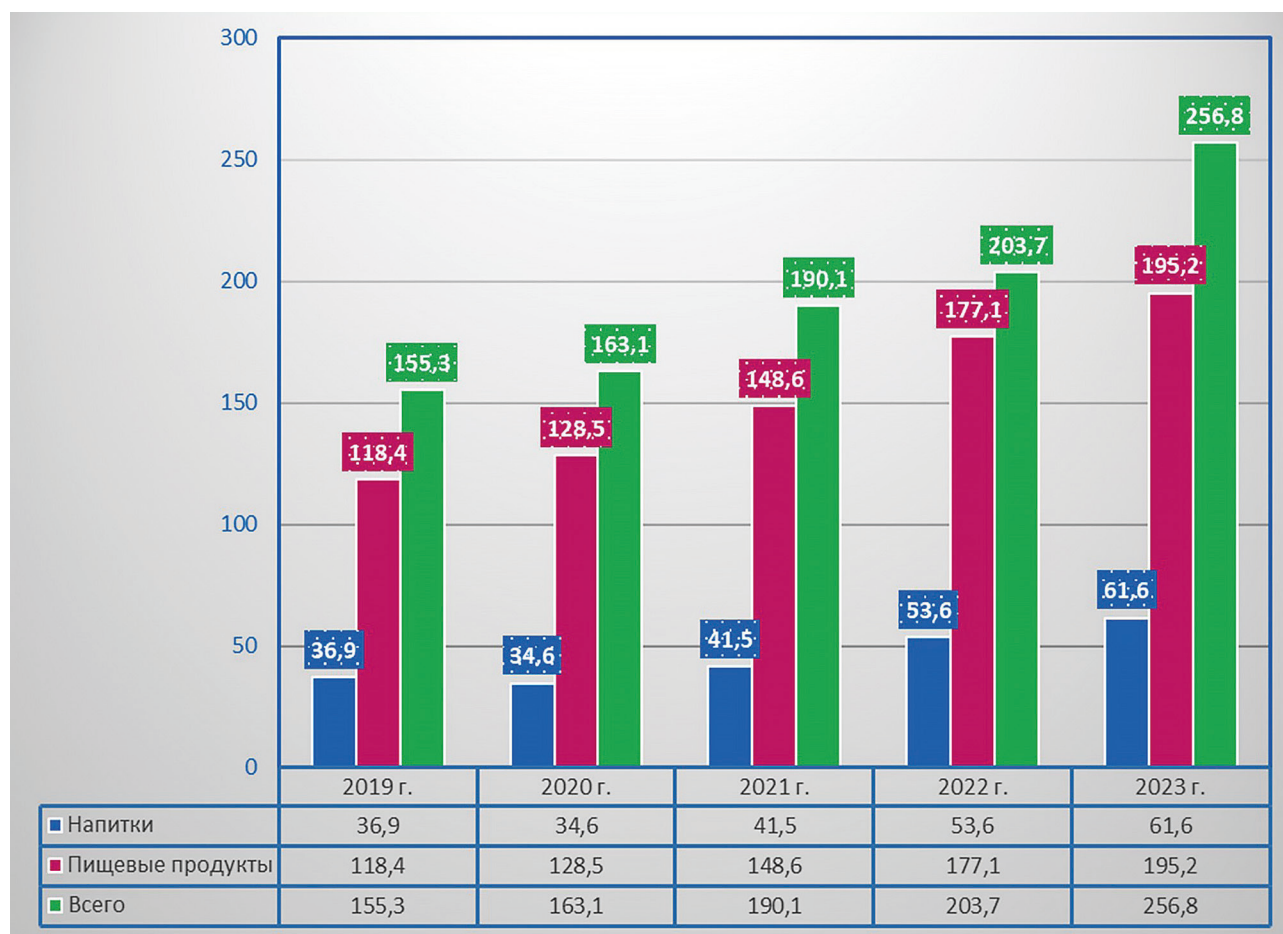


Рис. 2. Динамика выручки предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности Новосибирской области за период с 2019 по 2023 г. в млрд руб. [9]

Fig. 2. Revenue dynamics of the Novosibirsk Region's food and processing industry companies for the period from 2019 to 2023. in billion rubles. [9]

Как можно заметить, исходя из данных рисунка 2, общий прирост показателей по сравнению с 2022 г. составил около 25,3 млрд руб., что соответствует росту на 10,9 %. В частности, рост в сегменте пищевых продуктов увеличился на 18,1 млрд руб., что соответствует росту на 10,2 %. В сегменте напитков рост составил 8 млрд руб., что соответствует увеличению на 14,9 %.

Если рассмотреть динамику за пять лет и провести сравнение 2019 и 2023 гг., то можно увидеть, что общий показатель выручки с 2019 г. вырос примерно на 101,5 млрд руб., что в процентном соотношении составляет 65,3 %. Доля пищевых продуктов увеличилась на 76,8 млрд руб., что в процентах соответствует росту на 64,8 %. В сегменте напитков рост составил 24,7 млрд руб. и 66,9 %.



Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что продукция пищевой и перерабатывающей промышленности Новосибирской области за последнее время востребована не только в Сибирском федеральном округе, но и по всей России. Более того, регион экспортирует продукты агропромышленного комплекса за рубеж [11].

Таким образом, агропромышленный сектор Новосибирской области является значимой отраслью, производящей продукты питания [12]. Он не только способен обеспечить продовольствием жителей региона, но и имеет потенциал для расширения экспорта.

Важно отметить, что агропромышленный комплекс Новосибирской области обладает значительным экспортным потенциалом. Регион входит в двадцатку ведущих экспортеров сельскохозяйственной продукции в России и занимает первое место среди субъектов Сибирского федерального округа [13].

Кроме того, показатели экспорта не только соответствуют запланированным в региональном проекте «Экспорт продукции АПК», но и превышают их. Это свидетельствует о высоком уровне развития агропромышленного комплекса в регионе. Новосибирская область играет важную роль в логистике экспорта зерновых культур и других агропромышленных товаров.

Продовольственные товары и продукция сельского хозяйства составляют 8 % от всего экспорта НСО. Общая структура экспортной продукции Новосибирской области представлена на рисунке 3.

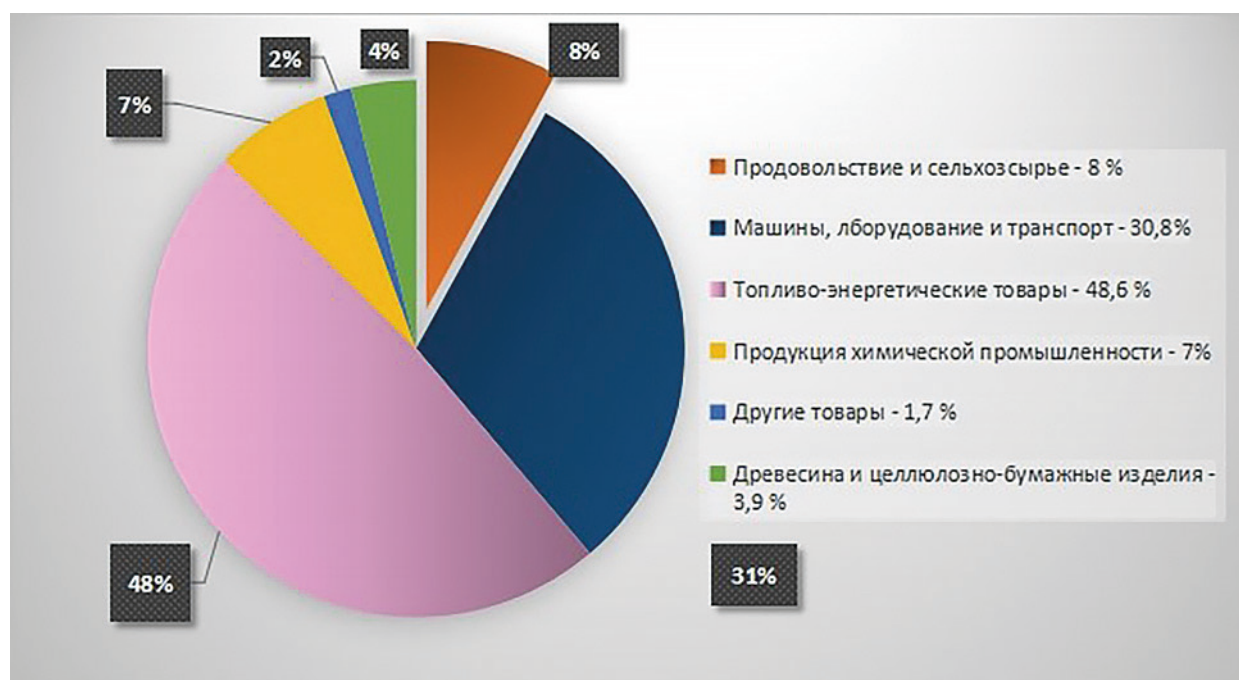


Рис. 3. Общая структура экспортной продукции Новосибирской области в 2023 г.

Fig. 3. The general structure of export products of the Novosibirsk region in 2023

Продукция агропромышленного комплекса Новосибирской области экспортируется в более чем 56 стран мира [14].

В последние годы в НСО наблюдается рост производства сельскохозяйственной продукции. На рисунке 4 представлена динамика экспорта продукции агропромышленного комплекса в тыс. т, а также прибыль от её экспорта в млн долл. США за период с 2019 по 2023 г.

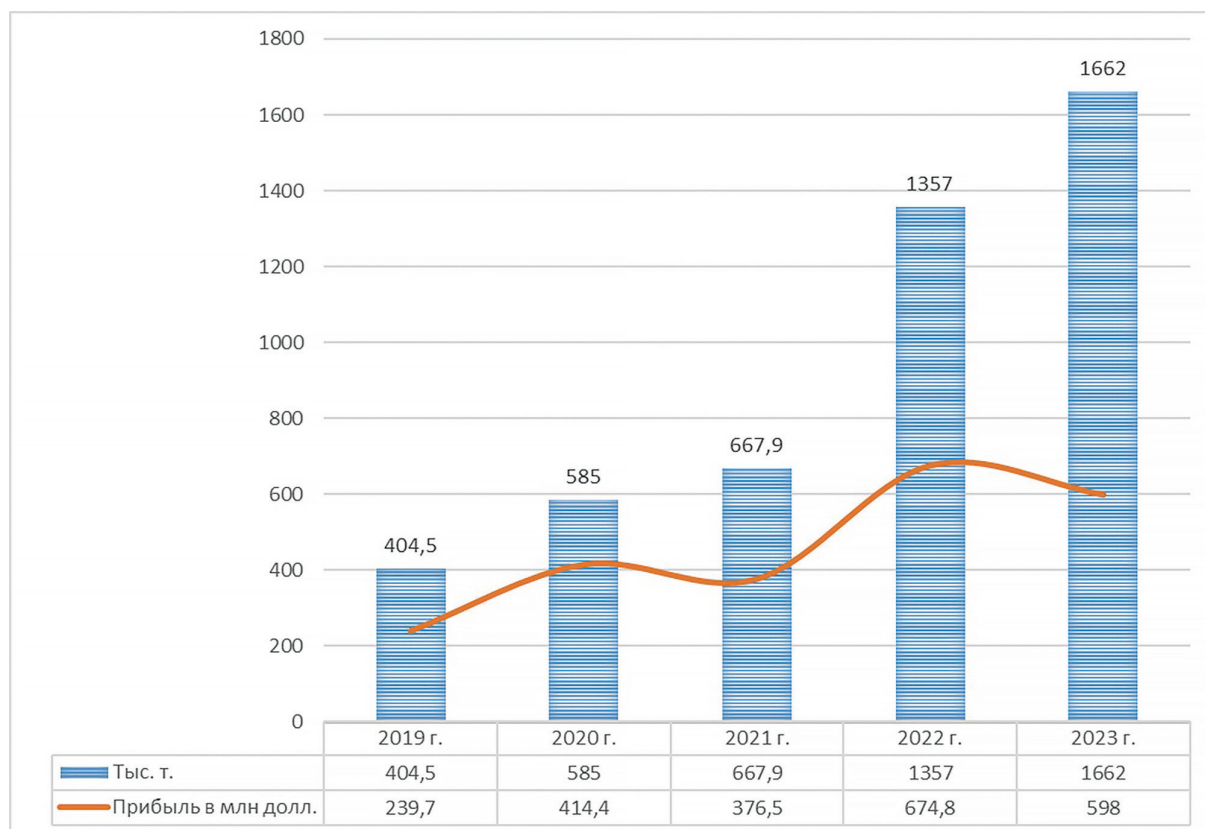


Рис. 4. Динамика экспорта продукции АПК в тыс. т и прибыль в млн долл. США за период с 2019 по 2023 год.

Fig. 4. Dynamics of exports of agricultural products in thousand tons and profit in millions of US dollars for the period from 2019 to 2023

В 2023 г. регион достиг рекордного показателя экспорта продовольствия – 1 662 тыс. т. Также на графике отражена динамика прибыли от экспортных поставок за границу за период с 2019 по 2023 г. В 2023 г. выручка от экспорта составила 598 млн долл. США [13].

Однако при сравнительном анализе показателей прибыли за период с 2022 по 2023 г., представленных на рисунке 5, можно заметить, что прибыль Новосибирского АПК значительно снизилась в 2023 г. по сравнению с предыдущим годом: несмотря на увеличение объёма экспорта сельскохозяйственной продукции в 2023 г., прибыль от него уменьшилась на 79,8 млн долл. Таким образом, Новосибирская область наращивает производство и увеличивает экспорт сельскохозяйственной продукции, однако доходы от экспорта снижаются. Основная причина снижения доходов от экспорта – высокая конкуренция. Кроме того, на ситуацию влияют такие факторы, как санкционное давление, кризис в странах-покупателях и колебания валютных курсов.

Также важно отметить, что в НСО имеется значительный парк сельскохозяйственной техники. На рисунке 5 наглядно представлена динамика её количества с 2022 по 2023 гг.

Как видно из данных, представленных на рисунке 5, в 2023 г. парк сельскохозяйственной техники в Новосибирской области немного уменьшился.

Это свидетельствует о двух факторах:

1) более старая техника выходит из строя, а темпы замены новыми машинами не успевают за темпами списания сломанных и не подлежащих ремонту.

2) кроме того, плановое обновление парка сельскохозяйственной техники не соответствует реальным темпам списания изношенных и устаревших машин.

Исходя из анализа состояния некоторых сфер агропромышленного комплекса Новосибирской области, можно сформулировать несколько рекомендаций, которые позволят сделать АПК региона более конкурентоспособным и эффективным в долгосрочной перспективе.

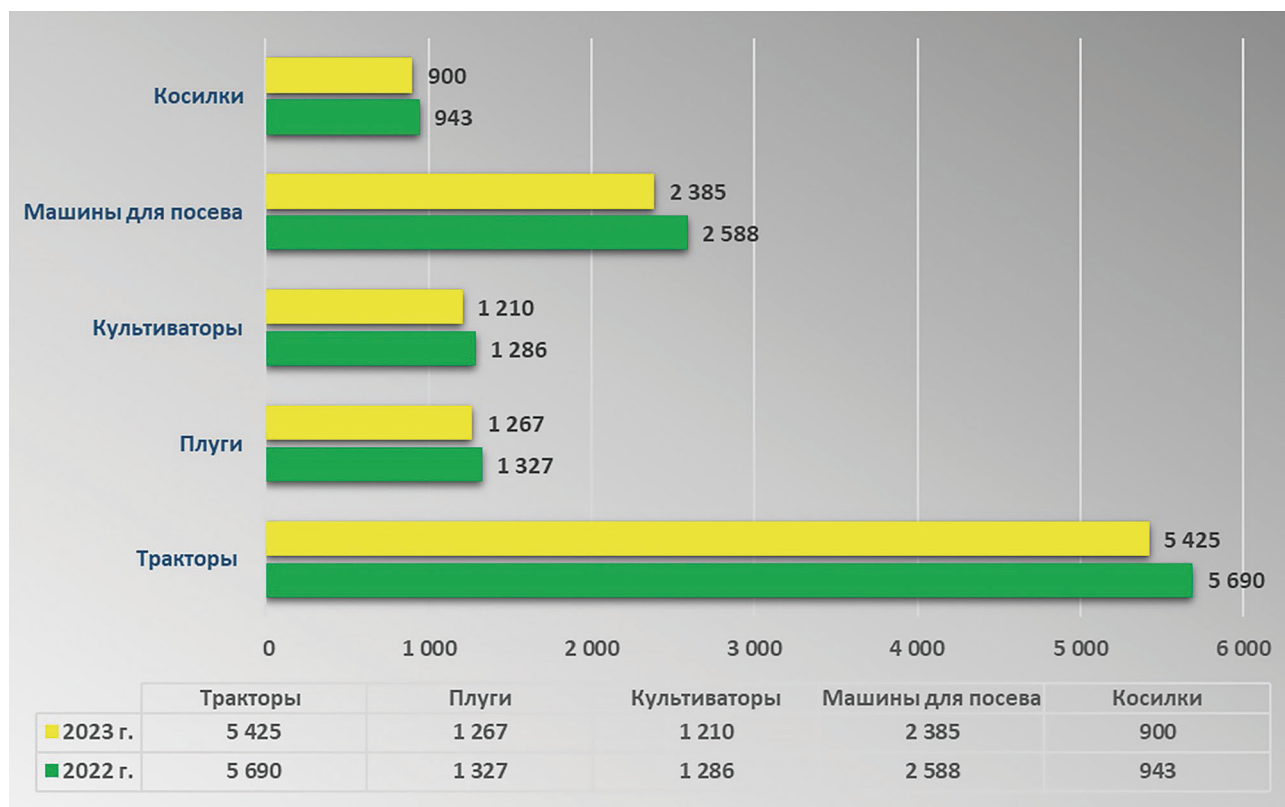


Рис. 5. Динамика наличия основных сельскохозяйственных машин за период с 2022 по 2023 г.

Fig. 5. Dynamics of availability of main agricultural machinery for the period from 2022 to 2023.

На рисунке 6 показаны рекомендации по улучшению экономических показателей агропромышленного комплекса Новосибирской области.



Рис. 6. Рекомендации по повышению эффективности агропромышленного комплекса Новосибирской области

Fig. 6. Recommendations for improving the efficiency of the agro-industrial complex of the Novosibirsk region

В качестве обоснования для реализации данных рекомендаций можно привести следующие аргументы.

Преимущества предоставления льгот для студентов, обучающихся по программам образования и профессиональной подготовки в области сельского хозяйства.

1. Привлечение большего числа молодых людей в данную отрасль. Это, в свою очередь, приведёт к увеличению числа квалифицированных специалистов в сфере сельского хозяйства.

2. Стимулирование молодёжи оставаться и работать в сельской местности. Это поможет решить проблему оттока населения из сёл и деревень.

3. Повышение качества образования и профессиональной подготовки за счёт использования современного оборудования и технологий.

4. Улучшение условий труда преподавателей и мастеров производственного обучения, что, повысит их мотивацию и качество работы.

5. Развитие системы непрерывного образования и переподготовки кадров. Это позволит специалистам постоянно повышать свою квалификацию и адаптироваться к меняющимся требованиям рынка труда.

Следование предлагаемым рекомендациям по развитию производства и модернизации отечественной сельскохозяйственной техники может обеспечить множество преимуществ. Вот основные из них.

1. Существует риск введения санкций со стороны стран-импортеров, которые могут остановить поставки сельскохозяйственной техники, запчастей к ней и гарантии обслуживания. Как мы знаем, это уже произошло после введения санкций в 2022 г.

2. Экономия средств: приобретение и обслуживание импортной техники из западных стран обходится дороже, чем использование отечественных аналогов. Исключение составляют некоторые образцы из дружественных стран, однако из-за повышенного риска никто не может гарантировать, что поставки будут продолжаться и в будущем.

3. Поддержка отечественного производителя: развитие российского производства способствует росту экономики и созданию рабочих мест.

4. Инновации и технологии: модернизация техники открывает двери для внедрения новых технологий и повышения производительности.

5. Приспособленность к местным условиям: отечественная техника отличается лучшей адаптацией к климату и почве различных регионов России, в частности, к суровым зимам Сибири, уже на этапе разработки учитываются климатические особенности её эксплуатации.

В рамках обсуждения рекомендаций по увеличению поддержки малого и среднего бизнеса стоит выделить несколько ключевых аспектов.

1. Продовольственная безопасность: развитие сельского хозяйства способствует обеспечению достаточного количества основных продуктов питания внутри страны, что и является залогом продовольственной безопасности.

2. Освоение территорий: предоставление грантов и субсидий стимулирует использование неиспользуемых земель для сельскохозяйственного производства, что приводит к активному освоению территорий.

3. Создание новых рабочих мест: поддержка фермеров играет важную роль в развитии сельских территорий и способствует сокращению безработицы. Пример такой поддержки – национальный проект «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы», который направлен на увеличение численности занятых в секторе МСП, их доли в ВВП и экспорта сельхозпродукции.

4. Рост экономики: развитие сельского хозяйства не только обеспечивает продовольственную безопасность, но и способствует увеличению налоговых поступлений, что, в свою очередь, стимулирует экономический рост.



5. Инновации и технологии: финансовая поддержка позволяет фермерам внедрять новые технологии и повышать эффективность производства, что способствует общему развитию сельского хозяйства.

Помимо перечисленных выше аргументов в пользу применения рекомендаций автора, представленных на рисунке 6, можно привести ещё один весомый довод. Эти рекомендации основаны на богатом опыте зарубежных и отечественных аграриев, которые уже использовали их на практике и убедились в их эффективности. Учёные-исследователи также подтвердили, что эти рекомендации действительно работают, и результаты их исследований были опубликованы в научных трудах [1, 5, 10–12].

Кроме того, необходимо также отметить, что для повышения конкурентоспособности агропромышленного комплекса Новосибирской области требуются значительные инвестиции. Однако, как уже упоминалось ранее, из-за санкций западные компании не могут предоставлять крупные суммы. В связи с этим возникает необходимость поиска и привлечения в наш регион новых инвесторов из азиатских стран [14].

Для успешного ведения агробизнеса немаловажным является предоставление льготного кредитного финансирования [15]. Также стоит рассмотреть возможность внедрения лизинга сельскохозяйственных машин на нашем рынке. В качестве примера успешного лизинга на сельскохозяйственные машины можно привести опыт США [16].

Кроме того, автор предлагает предоставлять льготные кредиты малым крестьянским (фермерским) хозяйствам в размере до 300 тыс. руб. Зачастую такие хозяйства не нуждаются в крупных суммах для поддержания или развития, и не могут позволить себе выплачивать крупные кредиты, однако при этом малые суммы не выдаются под низкие процентные ставки. Сейчас, в 2024 г., чтобы получить небольшой кредит для решения задач, которые стоят перед небольшим хозяйством, нужно заплатить среднюю процентную ставку. Её размер может варьировать в зависимости от банка и условий кредитования. Обычно ставка составляет от 15 до 25 % годовых, что может быть довольно обременительно для предпринимателя, владеющего небольшой фермой [17].

К рекомендациям можно также добавить систему налогообложения для сельхозтоваропроизводителей. По мнению автора, она должна быть более лояльной и гибкой для менее устойчивых с финансовой точки зрения организаций. Также важно предоставлять информационно-консультационную поддержку предпринимателям в Новосибирской области для повышения производительности труда в агропромышленном комплексе [18].

В заключение стоит отметить, что исследование было проведено на основе различных показателей агропромышленного комплекса, охватывающих разные временные периоды. Это позволяет сделать вывод о том, что за последние десять лет агропромышленный комплекс Новосибирской области продемонстрировал впечатляющий рост.

Хотя в 2023 г. некоторые экономические показатели несколько отстают от уровня 2022 г. и более ранних периодов, агропромышленный комплекс продолжает уверенно развиваться, несмотря на серьёзное санкционное давление и другие факторы, такие как:

- неблагоприятные природно-климатические условия Сибири;
- межотраслевой диспаритет цен и доходов, связанный с монополизацией промышленности;
- высокая конкуренция с другими регионами РФ, а также с импортными товарами, поставляемыми из-за рубежа (готовой продукцией);
- ограниченный спрос на агропродовольственную продукцию из-за либерализации цен и сокращения государственных дотаций;
- низкая рентабельность в сельском хозяйстве, что приводит к снижению производственно-технического потенциала;
- высокая стоимость сельскохозяйственного технического оборудования и услуг.

Это лишь некоторые проблемы, с которыми сталкиваются компании агропромышленного комплекса Новосибирской области.

Основные выводы исследования можно представить следующим образом.

1. Несмотря на некоторое снижение показателей в 2022 г., агропромышленный комплекс Новосибирской области продолжает успешно развиваться.

2. По сравнению с 2022 г., количество основной сельскохозяйственной техники незначительно уменьшилось.

3. Выручка от реализации пищевой и перерабатывающей продукции в 2023 г. достигла рекордной суммы в 256,8 млрд руб., что стало новым достижением для Новосибирской области.

4. Экспорт сельскохозяйственной продукции в 2023 г. увеличился на 1662 тыс. т, что также стало рекордным показателем в истории региона.

5. Перспективы развития агропромышленного комплекса Новосибирской области выглядят весьма оптимистично. Следует считать, что в ближайшие годы агропромышленный сектор региона установит новые рекорды в своей деятельности.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рюмкин С.В. Развитие сельских территорий Сибири: дис. ... д-р экон. наук. – Новосибирск, 2023. – 528 с.
2. Кондратьев М.В. Социально-экономические эффекты от деятельности агрохолдингов на сельских территориях Новосибирской области: индикаторы и прогнозирование выраженности // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. – 2022. – Т. 7, № 4. – С. 451–460. – DOI: 10.21603/2500-3372-2022-7-4-451-460.
3. Шелковников С.А., Петухова М.С. Система государственной поддержки научно-технологического развития отрасли растениеводства Новосибирской области // Московский экономический журнал. – 2021. – № 8. – С. 283–297.
4. Шелковников С.А., Чепелева К.В. Формирование спроса на экспортоориентированную продукцию АПК Сибири // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – Т. 65, № 4 (388). – С. 338–343. – DOI: 10.55186/25876740\_2022\_65\_4\_3\_38.
5. Кондратьев М.В. Государственное участие в развитии малого и среднего сельскохозяйственного бизнеса: кейс Новосибирской области // Вестник ЗабГУ. – 2022. – Т. 28, № 9. – С. 93–101.
6. Кузнецов А.В., Чирхин С.Н., Максимов И.О. Новосибирская область: нереализованный потенциал привлечения прямых иностранных инвестиций // Проблемы прогнозирования. – 2020. – № 2. – С. 82–90.
7. Китайский инвестор планирует построить заводы в Новосибирской области [Электронный ресурс] // РБК. – URL: <https://nsk.rbc.ru/nsk/18/09/2024/66ea971f9a7947601b76e9ca> (дата обращения: 19.09.2024).
8. Баскаков С.М., Суханова И.Ф., Наконечная О.А. Экспортный потенциал неэкспортного региона: взгляд из Новосибирской области // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2021. – № 5. – С. 25–37. – DOI: 10.24412/2071-6435-2021-5-25-37.
9. Итоги развития АПК НСО [Электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства Новосибирской области: официальный сайт. – URL: <https://mcx.nso.ru/page/444> (дата обращения: 20.08.2024).
10. Леонова Я.В. Государственная поддержка экспорта продукции отрасли растениеводства (на материалах Новосибирской области): дис. ... канд. экон. наук. – Новосибирск, 2020. – 123 с.
11. Тихомиров А.И., Фомин А.А. Государственная поддержка АПК России: основные тенденции и социально-экономическое значение // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2024. – № 2 (398). – С. 121–125. – DOI: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_121.
12. Кондаурова Л.А. Сельское хозяйство Новосибирской области в контексте обеспечения продовольственной безопасности региона // Вектор экономики: электронный научный журнал. – 2021. – № 2 (56). – С. 29.

13. Никольский Я.С. Экспортный потенциал агропромышленного комплекса Новосибирской области: перспективы и возможности развития // Сибирская финансовая школа. – 2024. – № 2. – С. 98–103. – DOI: 10.34020/1993-4386-2024-2-98-103.
14. Бабаев К.В. Роль Сибири и Дальнего Востока в «восточном повороте» российской экономики // Восточная Азия: факты и аналитика. – 2024. – № 2. – С. 6–19. – DOI: 10.24412/2686-7702-2024-2-6-19.
15. Государственная поддержка развития регионального агропромышленного комплекса / В.А. Солопов, А.В. Никитин, М.В. Азжеурова, И.С. Козаев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2022. – № 3. – С. 117–124.
16. Кирица А.А. Лизинг в аграрной экономике Российской Федерации: современный этап развития [Электронный ресурс] // Управление. – 2024. – Т. 12, № 1. – С. 36–48. – URL: <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2024-12-1-36-4> (дата обращения: 24.09.2024)
17. Кредиты на 300000 рублей на 3 года в Новосибирске // Сравни: интернет-сервис. – URL: <https://www.sravni.ru/kredity/300000-na-3-goda/?period=P3Y> (дата обращения: 20.09.2024).
18. Епанчинцев В.Ю., Шумакова О.В. Экономическая эффективность мер информационно-консультационной поддержки по повышению производительности труда в агропромышленном комплексе // Социально-экономический и гуманитарный журнал. – 2023. – № 4. – С. 3–19. – DOI: 10.36718/2500-1825-2023-4-3-19.

## REFERENCES

1. Ryumkin S.V. *Razvitie sel'skix territorij Sibiri* (Development of rural areas of Siberia), Dissertation of Doctor of Economics, Novosibirsk, 2023, 528 p. (In Russ.)
2. Kondrat'ev M.V. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Politicheskie, sociologicheskie i e'konomicheskie nauki*, 2022, Vol. 7, No. 4, pp. 451–460, DOI: 10.21603/2500-3372-2022-7-4-451-460. (In Russ.)
3. Shelkovnikov S.A., Petuxova M.S., *Moskovskij e'konomicheskij zhurnal*, 2021, No. 8, pp. 283–297. (In Russ.)
4. Shelkovnikov S.A., Chepeleva K.V., *Mezhdunarodny'j sel'skoxozyajstvenny'j zhurnal*, 2022, Vol. 65, No. 4 (388), pp. 338–343, DOI: 10.55186/25876740\_2022\_65\_4\_338. (In Russ.)
5. Kondrat'ev M.V. *Vestnik ZabGU*, 2022, Vol. 28, No. 9, pp. 93–101. (In Russ.)
6. Kuznecov A.V., Chirixin S.N., Maksimov I.O., *Problemy`prognozirovaniya*, 2020, No. 2, pp. 82–90. (In Russ.)
7. *RBK*, available at: <https://nsk.rbc.ru/nsk/18/09/2024/66ea971f9a7947601b76e9ca> (September 19, 2024).
8. Baskakov S.M., Suxanova I.F., Nakonechnaya O.A., *E`TAP: e'konomicheskaya teoriya, analiz, praktika*, 2021, No. 5, pp. 25–37, DOI: 10.24412/2071-6435-2021-5-25-37. (In Russ.)
9. *Ministerstvo sel'skogo xozyajstva Novosibirskoj oblasti*, available at: <https://mcx.nso.ru/page/444> (August 20, 2024).
10. Leonova Ya.V. *Gosudarstvennaya podderzhka e`ksporta produkcii otrasli rastenievodstva, na materialax Novosibirskoj oblasti*, (State support for exports of crop production), Dissertation of Candidate of Economic Sciences, Novosibirsk, 2020, 123 p. (In Russ.)
11. Tixomirov A.I., Fomin A.A., *Mezhdunarodny'j sel'skoxozyajstvenny'j zhurnal*, 2024, No. 2 (398), pp. 121–125, DOI: 10.55186/25876740\_2024\_67\_2\_121. (In Russ.)
12. Kondaurova L.A. *Vektor e'konomiki: e`lektronny'j nauchny'j zhurnal*, 2021, No. 2 (56), pp. 29. (In Russ.)
13. Nikol'skij Ya.S. *Sibirskaya finansovaya shkola*, 2024, No. 2, pp. 98–103, DOI: 10.34020/1993-4386-2024-2-98-103. (In Russ.)
14. Babaev K.V. *Vostochnaya Aziya: fakty` i analitika*, 2024, No. 2, pp. 6–19, DOI: 10.24412/2686-7702-2024-2-6-19. (In Russ.)
15. Solopov V.A., Nikitin A.V., Azzheurova M.V., Kozhaev I.S., *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, No. 3, pp. 117–124. (In Russ.)
16. Kiricza A.A. *Upravlenie*, 2024, Vol. 12, No. 1, pp. 36–48, available at: <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2024-12-1-36-4> (September 24, 2024) (In Russ.)
17. *Sravni*, available at: <https://www.sravni.ru/kredity/300000-na-3-goda/?period=P3Y> (September 20, 2024).
18. Epanchinev V.Yu., Shumakova O.V., *Social'no-e'konomicheskij i gumanitarny'j zhurnal*, 2023, No. 4, pp. 3–19, DOI: 10.36718/2500-1825-2023-4-3-19. (In Russ.)

## ЗАДАЧИ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ ОВЦЕВОДЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

**В.В. Цынгueva**, старший преподаватель

**А.А. Самохвалова**, доктор экономических наук, профессор

**Т.А. Афанасьева**, кандидат экономических наук, доцент

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: bolot2003@yandex.ru

**Ключевые слова:** задачи устойчивого развития, продовольственная безопасность, сельское хозяйство, отрасли сельского хозяйства, овцеводство, продукция овцеводства.

**Реферат.** В современной научной литературе существует множество исследований, посвящённых концепции устойчивого развития. Тем не менее вопросы устойчивого развития в сельском хозяйстве, в том числе – в отрасли овцеводства, остаются недостаточно изученными. В целях исследования приведены различные подходы к определению понятия устойчивого развития, перечислены детерминирующие факторы, раскрыто их содержание и влияние на выработку стратегий осуществления хозяйственной деятельности. Из перечня, сформулированного в Резолюции ООН, выделены те из первоочередных задач, решение которых приведет к повышению устойчивости развития сельскохозяйственного производства. Основные факторы, указывающие на необходимость пересмотра отраслевых стратегий, включают рост мирового населения, усиливающуюся конкуренцию за ресурсы, продолжающееся изменение климата, утрату биоразнообразия. Сельскохозяйственное производство, в частности – овцеводство, рассмотрено в рамках концепции устойчивого развития с учетом отраслевой специфики её разработки и реализации. В целом устойчивое развитие в овцеводстве требует комплексного подхода, учитывающего интересы всех вовлечённых сторон – животных, фермеров, общества и природы. Задачи устойчивого развития Российской Федерации являются актуальными и значимыми также и для развития овцеводческой деятельности в российской аграрной практике, и от их решения напрямую зависит эффективное развитие отрасли овцеводства в тех регионах, которые специализируются на разведении овец и производстве овцеводческой продукции.

## THE TASKS OF IMPLEMENTING THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT ON THE EXAMPLE OF THE SHEEP INDUSTRY

**V.V. Tsyngueva**, Senior Lecturer

**A.A. Samokhvalova**, Doctor of Economic Sciences, Professor

**T.A. Afanasieva**, PhD in Economic Sciences, Associate Professor

Novosibirsk State Agrarian University

**Keywords:** sustainable development objectives, food security, agriculture and its branches, sheep products.

**Abstract.** In modern scientific literature there are many studies devoted to the concept of sustainable development. Nevertheless, the issues of sustainable development in agriculture, namely in the sheep breeding industry, remain insufficiently studied. For the purpose of the study, various approaches to the definition of sustainable development are given, determinant factors are listed, their content and influence on the development of strategies for the implementation of economic activity are revealed. From the list formulated in the UN Resolution, the primary tasks, the solution of which will lead to an increase in the sustainability of agricultural production development, are highlighted. The main factors pointing to the need to revise sectoral strategies include world population growth, increasing competition for resources, ongoing climate change, and loss of biodiversity. Agricultural production, in particular, sheep breeding, is considered within the framework of the concept of sustainable development, taking into account the sectoral specifics of its development and implementation. In general, sustainable development in sheep breeding requires a comprehensive approach that takes into account the interests of all parties involved - animals, farmers, society and nature. The tasks of sustainable development of the Russian Federation are relevant and significant also for the development of sheep breeding activity in the Russian agrarian practice, and the effective development of the sheep breeding industry in those regions that specialize in sheep breeding and production of sheep products directly depends on their solution.



За последние десять лет термин «устойчивое развитие» стал широко распространенным, но его толкование различно для отраслей и сфер деятельности. Обеспечение устойчивого развития человечества – это, пожалуй, одна из самых насущных и комплексных проблем, стоящих перед мировым сообществом в современную эпоху. Данный вопрос впервые был поднят Генеральной Ассамблеей ООН в 1987 г., когда был введен сам термин «устойчивое развитие», понимаемый «как развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени без ущерба для будущих поколений» [1, 2]. С тех пор эта концепция стала ключевой в глобальной повестке дня, отражая необходимость гармонизации экономического роста, социального благополучия и экологической ответственности.

Перед человечеством стоит сложная задача обеспечить высокое качество жизни для нынешнего и будущих поколений, не истощая при этом природные ресурсы и не нарушая хрупкого экологического баланса. Достижение устойчивого развития требует комплексного подхода, сочетающего в себе политические, экономические, технологические и социальные инновации. Это глобальный вызов, преодоление которого потребует консолидации усилий всех стран, организаций и граждан. Реализация концепции устойчивого развития – это многогранная задача, охватывающая различные аспекты экономической деятельности и общественного развития (рис. 1).

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Экономическое развитие                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• обеспечение экономического роста, который не истощает природные ресурсы и не усугубляет социальное неравенство</li> </ul>                                                              |
| Социальное развитие                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• повышение качества жизни людей за счет обеспечения доступности образования, здравоохранения, жилья и других социальных благ</li> </ul>                                                 |
| Экологическое развитие                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• защита окружающей среды от загрязнения и деградации, это требует внедрения эффективных методов управления отходами, сокращения вредных выбросов, сохранения биоразнообразия</li> </ul> |
| Устойчивое использование природных ресурсов | <ul style="list-style-type: none"> <li>• бережное использование природных ресурсов с обеспечением их восстановления или замены без ущерба для будущих поколений</li> </ul>                                                      |
| Устойчивое управление территориями          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• соблюдение принципов устойчивости при планировании и развитии городов, сельских и природных зон, необходимо обеспечить доступность жизненно важных услуг для всех жителей</li> </ul>   |
| Партнерство и сотрудничество                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• совместная работа органов власти, бизнеса, некоммерческих организаций и гражданского общества над решением задач устойчивого развития</li> </ul>                                       |
| Научные исследования и образование          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• проведение научных изысканий для разработки новых технологий и стратегий, а также подготовка кадров, разделяющих ценности устойчивого развития</li> </ul>                              |
| Мониторинг и оценка                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• регулярный анализ ситуации в сфере устойчивого развития, позволяющий корректировать действия и повышать их эффективность</li> </ul>                                                    |

Рис. 1. Направления реализации концепции устойчивого развития

Fig. 1. Directions of implementation of the concept of sustainable development

Реализация этих ключевых направлений позволит человечеству достичь сбалансированного развития, обеспечивающего высокое качество жизни в гармонии с окружающей средой.

Согласно исследованиям доктора Н.М. Мамедова, который является действительным членом Российской академии естественных наук и экспертом ЮНЕСКО, концепция устойчивого развития представляет собой не просто набор действий, а новое мировоззрение и методологию [3, с. 6–2]. Именно интеграция этих подходов становится ключом к успешной реализации и обеспечению долгосрочной устойчивости в развитии. Важно осознать, что устойчивое развитие требует не только конкретных программ. Чтобы добиться действительно значимых результатов, необходимы изменения нашего взгляда на мир и принципов взаимодействия с ним.

Устойчивое развитие стало главным направлением в мировой экономике XXI века. Основными факторами, указывающими на необходимость переосмысления существующего образа действия, являются: глобальный рост населения, усиление конкуренции за природные ресурсы, продолжающееся изменение климата и утрата биоразнообразия. Эти тенденции создают серьезные вызовы для устойчивого развития различных отраслей и требуют адаптации имеющихся отраслевых стратегий и моделей ведения бизнеса.

Сельскохозяйственной отрасли, как любой другой, необходимо приспосабливаться к растущим требованиям современной практики и использовать актуализированные методы производства [13]. В современной научной литературе можно найти множество работ, посвященных концепции устойчивого развития. Однако понятие устойчивого развития в сельском хозяйстве остаётся относительно малоисследованным. В Декларации по окружающей среде и развитию «под устойчивым сельским хозяйством понимается способ ведения деятельности, при котором устойчивое наращивание объемов производства достигается одновременно с обеспечением высокого уровня продовольственной и экологической безопасности» [4].

Для сельскохозяйственных производителей сегодня жизненно важно обеспечить устойчивое развитие своей отрасли. Однако организации и предприятия сельского хозяйства зачастую не готовы или не способны к изменениям в полном объеме, а потому в периоды неопределенности часто сталкиваются с проблемами. И это означает, что в этом процессе необходимы не только самостоятельные усилия хозяйств по приспособлению к переменчивым внешним обстоятельствам и достижению в этих условиях значимых производственных и финансовых результатов, но и активное привлечение государства к участию в реализации необходимых трансформаций. Действительно, история как западных стран, так и России свидетельствует о том, что переход к устойчивому развитию сельского хозяйства возможен, но требуется решительное участие государственного аппарата. Инвестиции, конечно, играют важную роль, однако ключевым моментом являются целенаправленные усилия государства, ориентированные на формирование нового устойчивого тренда в развитии отрасли. Только таким образом можно обеспечить не только краткосрочные выгоды, но и долгосрочную устойчивость и успех.

В научных изысканиях, описывающих концепцию устойчивого развития сельского хозяйства, исследователи выделяют следующие особенности:

- производство сельскохозяйственной продукции является одной из самых обширных и значимых сфер человеческой деятельности, поскольку его цель – обеспечение основных потребностей людей;

- сельское хозяйство представляет собой основу для развития сельских территорий;

- занятость в аграрной сфере служит основным источником дохода для сельского населения;

- сельскохозяйственное производство оказывает непосредственное влияние на окружающую среду.

Резолюцией ООН в 2015 г. были предусмотрены цели и задачи устойчивого развития (ЦУР), которые по сей день являются актуальными для современной экономики России. Для сельского хозяйства особенно важной является Цель 2 «Ликвидация голода, обеспечение

продовольственной безопасности и улучшение питания, содействие устойчивому развитию сельского хозяйства» и задачи 2.3, 2.4, 2.5, 2.А и 2.В, сформулированные в документе в рамках достижения этой цели. В контексте данной работы особо можно выделить, например, такие содержащиеся в них положения:

- увеличение производительности сельского хозяйства и доходов мелких фермеров из числа, в частности, коренных народов, фермерских семейных хозяйств, скотоводов и рыбаков, посредством различных инструментов, в том числе – повышения добавленной стоимости производимого продукта;
- применение надежных методов ведения сельского хозяйства, которые не только позволят увеличить производство, но и будут способствовать поддержанию экосистем и помогут адаптации к смене климата;
- поддержание генетического разнообразия семян и культивируемых растений, а также сельскохозяйственных и домашних животных и их диких видов;
- увеличение инвестирования в инфраструктуру деревень, в развитие науки и технологий в области сельского хозяйства, популяризацию сельского хозяйства;
- обеспечение должного функционирования рынков продовольственного сырья, своевременный доступ к информации по рынкам для ограничения нестабильности цен [5, 8].

Обеспечение продовольственной безопасности является стратегической задачей для государства, решение которой зависит от эффективного и устойчивого функционирования сельского хозяйства, а осуществление заявленных положений может быть представлено на примере реализации их в овцеводческой отрасли в тех регионах, где традиционно занимаются её развитием. Выращивание овец сосредоточено преимущественно в крестьянских (фермерских) и личных подсобных хозяйствах в Ставропольском, Забайкальском краях, Ростовской области, Республиках Дагестан, Карачаево-Черкесская, для которых развитие отрасли является образом жизни и сохранением местных традиций населения. Так как овцы являются скороспелыми животными с высоким уровнем плодовитости, с широким разнообразием пород, адаптированных к местным условиям, то у сельскохозяйственных производителей – мелких фермеров, в частности, коренных народов, имеется потенциал для увеличения их доходов.

Что касается сохранности экосистем и изменения климата, то следует заметить, что сельское хозяйство России не будет испытывать чрезмерных потерь в связи с климатическими изменениями, так как делает ставку на экстенсивные методы ведения хозяйства. Значительные резервы неиспользуемых сельскохозяйственных земель позволяют развивать экологически устойчивое производство в ключевых отраслях, не нанося серьезного ущерба лесным ресурсам страны в обозримом будущем. Главные преимущества такого подхода: возможность расширения посевных площадей без чрезмерной нагрузки на леса; адаптация к климатическим изменениям за счет выбора устойчивых культур и технологий; сохранение экологического баланса и биоразнообразия при экстенсивном развитии сельского хозяйства; снижение рисков, связанных с резкими колебаниями климата и погодных условий.

Рассматривая вопрос устойчивого развития сельского хозяйства, необходимо отметить, как безусловное преимущество овцеводства тот факт, что данная отрасль имеет минимальное воздействие на изменение климата. Сравнивая объёмы парниковых газов, поступающих в атмосферу от основных сельскохозяйственных животных, можно утверждать, что овцы в наименьшей степени оказывают влияние на окружающую среду. Также функционирование отрасли овцеводства реализуется с минимальным воздействием на экосистему, поскольку содержание сельскохозяйственных животных осуществляется практически круглогодично на естественных пастбищах [12]. Кроме того, в настоящее время используются безотходные биологические методы переработки органических отходов овец для обеспечения экологического производства.

Реализация такой задачи концепции устойчивого развития, как поддержание генетического разнообразия сельскохозяйственных животных, в частности овец, имеет достаточно прикладное значение. Поскольку отрасль овцеводства в России стабилизировалась вследствие наличия развитой генетической базы, благодаря чему у сектора есть значительный потенциал для дальнейшего развития. Благодаря племенной работе по сохранению и развитию уникальных генофондов животных совершенствуются породы овец, что способствует росту их продуктивности, выведению новых генотипов, улучшению качества продукции, а также создает условия для развития конкурентной овцеводческой отрасли. Так, в Забайкальском крае выведены такие породы овец, как Забайкальская тонкорунного направления, произведенная в Читинской области в период с 1927 по 1956 г., а также Агинская, выведенная в период с 1991 по 2007 г. Уникальность пород овец заключается в том, что они адаптированы к суровому климату региона, круглогодичному пастбищному содержанию. К сожалению, в настоящее время отмечается снижение поголовья Забайкальской породы тонкорунного направления, поскольку её содержание требует больших затрат и ухода за животными по сравнению с другими породами.

Для эффективного роста и прогресса отрасли необходимо активно решать такие важнейшие вопросы, как развитие маркетинга, инфраструктуры овцеводческой отрасли, подготовка квалифицированных кадров и обеспечение консалтинга. Среди ключевых вызовов для овцеводства на сегодняшний день можно выделить отток сельской молодежи из-за недостатка стимулов к работе в сельскохозяйственной сфере, необходимость развития высокопродуктивного технологичного производства, потребность в наличии квалифицированных специалистов в области селекции и управления, а также необходимость согласованных действий в региональном управлении сельским хозяйством [11]. Для обеспечения долгосрочной жизнеспособности овцеводства критически важно использование современных технологий, эффективное управление отраслью, государственная поддержка и адаптация новейших технологий к реальным требованиям рынка. Многие из этих задач могут быть решены через привлечения в отрасль инвесторов, для которых необходимо создавать выгодные условия на уровне федерального и регионального руководства, то есть с участием государства.

В современных условиях для развития отрасли овцеводства актуальным является вопрос инвестирования в инфраструктуру деревень, в развитие науки и технологий отрасли. В настоящее время осуществляется разработка и внедрение цифровых технологий в сельское хозяйство, в том числе в овцеводство. Использование технологий искусственного интеллекта, программного обеспечения, роботизация позволяют обеспечить комплексную диагностику состояния животных, их содержания, кормления, что способствует повышению эффективности производства продукции овцеводства на основе минимизации затрат материальных, трудовых и финансовых ресурсов [6].

Проблема обеспечения должного функционирования рынков продовольственного сырья, как и рынка сбыта овцеводческой продукции, нуждается в стабилизации цен. Для овцеводства этот процесс особенно актуален в осенний период, когда отрасль сталкивается с проблемой избытка мяса в связи с отраслевой спецификой [7]. Кроме того, в Российской Федерации необходимо формировать государственные механизмы по развитию рынка шерсти, сертификации сырья, участию в международных выставках для дальнейшего роста экспорта готовой продукции овцеводства.

Овцеводство является важной частью сельскохозяйственной отрасли России в районах с благоприятными для разведения овец условиями [9]. Овцеводство имеет давние традиции и играет значительную роль в экономике соответствующих регионов. В качестве примера можно отметить основные тенденции в развитии отрасли овцеводства в Забайкальском крае (рис. 2).



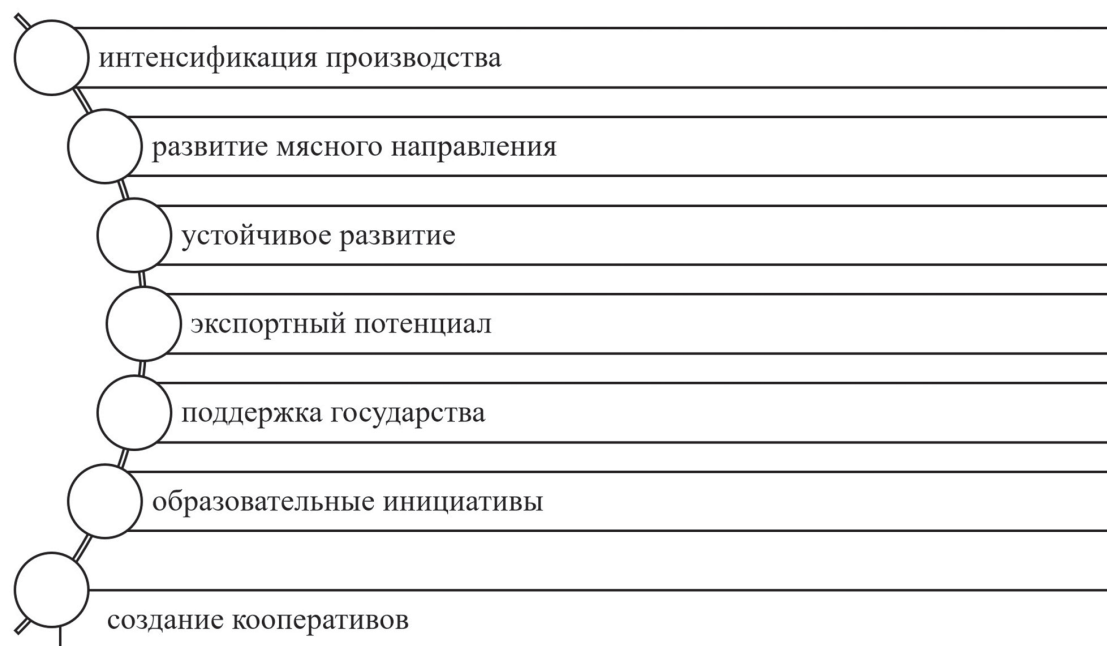


Рис. 2. Тренды развития отрасли овцеводства Забайкальского края

Fig. 2. Trends in the development of the sheep industry in the Trans-Baikal Territory

Стоит отметить, что направления, представленные на рисунке 2, включают в себя:

- использование современных технологий и методов ведения хозяйства для повышения продуктивности стада и улучшения качества продукции;
- увеличение доли производства мяса овец и улучшение его качества для удовлетворения растущего спроса на рынке;
- внедрение экологических и социально-ответственных практик, таких как использование органических кормов, и уменьшение воздействия на окружающую среду;
- расширение экспортных возможностей для увеличения доходов от продажи высококачественного мяса и шерсти на международном рынке;
- государственные программы поддержки фермеров и предприятий, занимающихся овцеводством, направленные на стимулирование развития отрасли и увеличение ее конкурентоспособности;
- проведение для фермеров семинаров и тренингов по повышению квалификации и освоению новых технологий и методик в области овцеводства;
- объединение мелких производителей в кооперативы для совместного решения проблем производства продукции и выхода на рынки сбыта.

Овцеводство – это отрасль, которая требует постоянного внимания и заботы для сохранения экономической, социальной и экологической устойчивости [10]. Для достижения этих целей необходимо учитывать следующие аспекты.

1. Экологические практики:

- использование органических кормов помогает сохранить здоровье животных и предотвратить загрязнение окружающей среды;
- контроль выбросов отходов способствует минимизации риска загрязнения почвы и воды;
- защита природных ресурсов, таких как пастбища, помогает поддерживать здоровье экосистем.

2. Социальная ответственность:

- обеспечение безопасных условий труда и соблюдение норм безопасности на фермах;

– создание комфортных условий для фермеров и их семей, предоставление доступа к образованию и здравоохранению;

– вовлечение местных жителей в жизнь фермерских хозяйств и поддержка местных обычаев.

3. Ответственность перед обществом:

– важность транспарентности в отношениях с потребителями;

– соблюдение прав животных и создание комфортных условий их содержания на фермах;

– активное участие в общественных дискуссиях об устойчивом развитии сельского хозяйства и защите окружающей среды.

В целом устойчивое развитие в овцеводстве требует комплексного подхода, учитывающего интересы всех вовлечённых сторон – животных, фермеров, общества и природы.

В рамках концепции устойчивого развития сельскохозяйственная отрасль меняет свои требования и к инфраструктуре. Ранее первостепенное значение для сельхозтоваропроизводителей имело наличие развитой дорожной сети, инженерных объектов, обеспечивающих хозяйства водой и электроэнергией. В настоящее время возникла необходимость наличия быстрой связи, которая позволяет осуществлять сбор, хранение, анализ информации, необходимой для успешной реализации концепции устойчивого развития и эффективной хозяйственной и производственной деятельности.

Таким образом, концепция устойчивого развития России имеет важнейшее значение для жизнедеятельности страны и общества, так как затрагивает такие вопросы, как качество и условия жизни человека, демографическая ситуация, генетическое разнообразие животных, развитие предпринимательской деятельности, доступность инфраструктурных услуг и др. Эти вопросы являются актуальными и значимыми также и для развития овцеводческой деятельности в российской аграрной практике, и от их решения напрямую зависит эффективное развитие отрасли овцеводства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Наше общее будущее: доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию* / Под ред. С.А. Евтеева, Р.А. Перелета. – М., 1988–1989. – 376 с.
2. *Санникова И.Н., Семиколова М.Н.* Нефинансовая отчетность: практика формирования и мониторинга ESG-данных // Экономика. Профессия. Бизнес. – 2024. – № 1. – С. 64–71.
3. *Мамедов Н.М.* Концепция устойчивого развития: глобальное видение и российская действительность // Экопозис: Экогуманитарные теория и практика. – 2021. – Т. 2, № 1. – С. 6–12.
4. *Декларация по окружающей среде и развитию: принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 г.* [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/declarations/riodecl.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml) (дата обращения: 07.05.2024).
5. *Задачи по целям устойчивого развития* [Электронный ресурс]. – URL: <https://caritaskz.info/wp-content/uploads/2021/06/Zadachi-po-Celyam-Ustojchivogo-Razvitiya-rus-1.pdf> (дата обращения: 07.05.2024).
6. *Чуба А.Ю.* Механизация типовых модульных ферм на 200 голов, построенных в период 1984–1991, реконструируемых или капитально отремонтированных до 2010 года // Инновационная наука. – 2016. – № 6. – С. 77–79.
7. *Хлыстова П.Д., Кирилова О.В.* Развитие фермерского рынка овечьей шерсти // Неделя молодежной науки – 2023: материалы Всерос науч.-практ. конф. Тюмень, 01–31 марта 2023 г. – Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2023. – С. 343–347.
8. *Цели устойчивого развития* [Электронный ресурс]. – URL: [http://sustainabledevelopment.ru/upload/File/Post\\_2015/A\\_68\\_970\\_RUS%20WG%20Rep\\_Aug2014.pdf](http://sustainabledevelopment.ru/upload/File/Post_2015/A_68_970_RUS%20WG%20Rep_Aug2014.pdf) (дата обращения: 07.05.2024).
9. *Цынгueva В.В., Самохвалова А.А., Вышегуров М.С.* Концепция развития овцеводства // Инновации и продовольственная безопасность. – 2024. – № 2 (44). – С. 124–135. – DOI: 10.31677/2311-0651-2024-44-2-124-135.

10. Самохвалова А.А., Цынгueva В.В. Мероприятия по совершенствованию механизма развития овцеводства Забайкальского края // Естественно-гуманитарные исследования. – 2024. – № 1 (51). – С. 222–227.
11. Цынгueva В.В., Самохвалова А.А. Государственная поддержка развития овцеводства в лидирующих регионах России и Забайкальском крае // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2024. – № 2 (108). – С. 24–36. – DOI: 10.33938/242-24.
12. Цынгueva В.В., Самохвалова А.А. Развитие овцеводства как приоритетной отрасли сельского хозяйства Забайкальского края // Инновации и продовольственная безопасность. – 2023. – № 3 (41). – С. 159–168. – DOI: 10.31677/2311-0651-2023-41-3-159-168.
13. Петухова М.С. Сельские территории: стратегическое развитие и устойчивость / М.С. Петухова, Т.А. Афанасьева // АПК: экономика, управление. – 2022. – № 1. – С. 78–84. – DOI: 10.33305/221-78.

## REFERENCES

1. *Nashe obshchee budushchee: доклад Mezhdunarodnoj komissii po okruzhayushchej srede i razvitiyu* (Our Common Future: Report of the International Commission on Environment and Development), Moscow, 1988–1989, 376 p.
2. Sannikova I.N., Semikolenova M.N., *Ekonomika. Professiya. Biznes*, 2024, No. 1, pp. 64–71. (In Russ.)
3. Mamedov N.M. *Ekopoezis: Ekogumanitarnye teoriya i praktika*, 2021, Vol. 2, No. 1, pp. 6–12. (In Russ.)
4. [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/declarations/riodecl.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml) (May 05, 2024).
5. <https://caritaskz.info/wp-content/uploads/2021/06/Zadachi-po-Celyam-Ustojchivogo-Razvitiya-rus-1.pdf> (May 05, 2024).
6. Chuba A.Yu. *Innovacionnaya nauka*, 2016, No. 6, pp. 77–79. (In Russ.)
7. Hlystova P.D., Kirilova O.V., *Nedelya molodezhnoj nauki – 2023* (Week of Youth Science – 2023), Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference Tyumen, March 01–31, 2023, Tyumen': GAU Severnogo Zaural'ya, 2023, pp. 343–347. (In Russ.)
8. [http://sustainabledevelopment.ru/upload/File/Post\\_2015/A\\_68\\_970\\_RUS%20WG%20Rep\\_Aug2014.pdf](http://sustainabledevelopment.ru/upload/File/Post_2015/A_68_970_RUS%20WG%20Rep_Aug2014.pdf) (May 05, 2024).
9. Cyngueva V.V., Samohvalova A.A., Vyshegurov M.S., *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2024, No. 2 (44), pp. 124–135, DOI: 10.31677/2311-0651-2024-44-2-124-135.
10. Samohvalova A.A., Cyngueva V.V., *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya*, 2024, No. 1 (51), pp. 222–227. (In Russ.)
11. Cyngueva V.V., Samohvalova A.A., *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom hozyajstve*, 2024, No. 2 (108), pp. 24–36, DOI: 10.33938/242-24. (In Russ.)
12. Cyngueva V.V., Samohvalova A.A., *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'*, 2023, No. 3 (41), pp. 159–168, DOI: 10.31677/2311-0651-2023-41-3-159-168. (In Russ.)
13. Petuhova M.S., Afanas'eva T.A., *APK: ekonomika, upravlenie*, 2022, No. 1, pp. 78–84, DOI: 10.33305/221-78. (In Russ.)

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТА-ПОДТАЛКИВАТЕЛЯ КОРМОВ НА МОЛОЧНЫХ ФЕРМАХ

**С.Г. Чернова**, доктор экономических наук, профессор

**С.М. Баскаков**, кандидат экономических наук, доцент

**А.Г. Христенко**, кандидат технических наук, доцент

**М.Н. Бабкин**, магистрант

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: xap\_sg@mail.ru

**Ключевые слова:** подталкивание (пододвигание) кормов, роботы, молочные фермы, экономическая эффективность.

**Реферат.** Проведен анализ научных публикаций, раскрывающих вопросы оценки экономической эффективности технических устройств (роботов) по подталкиванию (пододвиганию) кормов на молочных фермах крупного рогатого скота, предложена авторская методика оценки на примере устройства СПК, разработанного в Новосибирском государственном аграрном университете. Актуальность исследования обусловлена отсутствием до настоящего времени какой-либо методики в указанной сфере. В работе использован двухэтапный методический подход, включающий последовательное применение аналитического и расчетно-конструктивного инструментария, а также сценарный подход с выделением оптимистичного, базового и пессимистичного сценария. В результате обоснована авторская методика оценки технических устройств подобного типа, позволяющая учитывать специфику деятельности АПК конкретных регионов и включающая такие структурные элементы, как рост выручки, обусловленный повышением молочной продуктивности КРС, с одновременным увеличением расходов на дополнительные корма, затраты на оснащение молочных ферм роботами-подталкивателями, расходы на оплату электроэнергии и амортизационные отчисления. В результате проведенного исследования установлено, что экономически целесообразно использовать указанные технические средства при росте молочной продуктивности КРС не ниже 10 %, при этом при оптимистичном сценарии рост выручки ферм КРС может составить около 16 %, при базовом – около 6 %, при пессимистичном сценарии внедрение подобных устройств экономически нецелесообразно.

## METHODOLOGY FOR DETERMINING THE EFFECTIVENESS OF USING A FEED BOOSTER ROBOT ON DAIRY FARMS

**S.G. Chernova**, Doctor of Economics, Professor

**S.M. Baskakov**, PhD in Economic Sciences, Associate Professor

**A.G. Khristenko**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

**M.N. Babkin**, Master's student

Novosibirsk State Agrarian University

**Keywords:** feed pushing, robots, dairy farms, economic efficiency.

**Abstracts.** This article analyzes scientific publications that reveal the issues of evaluating the economic efficiency of technical devices (robots) for pushing (pushing) feed on dairy farms of cattle using the example of the SFB device developed at Novosibirsk State Agrarian University. The relevance of the study is due to the lack of any methodology in this area to date. The paper uses a two-stage methodological approach, including the consistent use of analytical and computational and constructive tools, as well as a scenario approach with the allocation of an optimistic, basic and pessimistic scenario. As a result, the author's methodology for evaluating technical devices of this type is justified, which allows taking into account the specifics of the agro-industrial complex of specific regions and including such structural elements as revenue growth due to an increase in dairy productivity of cattle with a simultaneous increase in the cost of additional feed, the cost of equipping dairy farms with push robots, electricity costs and depreciation charges. As a result of the study,



*it was found that it is economically feasible to use these technical means with an increase in dairy productivity of cattle of at least 10%, while in an optimistic scenario, the revenue growth of cattle farms may be about 16%, in a basic scenario – about 6%, in a pessimistic scenario, the introduction of such devices is economically impractical.*

В настоящее время в странах с развитой экономикой получили широкое распространение различные роботы-подталкиватели (пододвигатели) кормов, использование которых позволяет увеличить поедаемость корма и, как следствие, обеспечить интенсивный рост молочной и мясной продуктивности крупного рогатого скота (КРС). Рынок указанных технических средств в России широко представлен различными зарубежными образцами, лидерами производства которых являются Нидерланды, Дания, Швеция, Великобритания. Российские предприятия сельскохозяйственного машиностроения не в полной мере уделяют внимание данному вопросу, отечественные агрегаты по подталкиванию (пододвиганию) кормов на фермах КРС производятся явно в недостаточном количестве [1].

Значимость указанного вопроса подчеркивается тем, что качественные и количественные характеристики кормовой базы КРС и связанные с ними процессы приготовления и раздачи животным кормовой смеси являются важнейшей технологической операцией, которая, по оценкам специалистов, в среднем на 40–55 % формирует показатели продуктивности и состояние здоровья крупного рогатого скота, что является важнейшим показателем всей отрасли животноводства [9, с. 43].

В настоящее время пододвигание кормов на фермах осуществляется, как правило, с использованием ручного труда разнорабочих (не регулярно), либо с помощью достаточно дорогостоящих технических средств зарубежного производства, эксплуатация которых сопряжена с необходимостью их специализированного обслуживания [5, 10].

Контекстный поиск научно-практических публикаций в Научной электронной библиотеке E-LIBRARY показал, что при словосочетании «подталкиватель кормов» отображаются только 38 научных публикаций, «выравниватель кормов» – 60 научных публикаций, однако, преимущественно они носят технический характер (патенты на изобретения, описания процесса функционирования механизмов, различные учебные материалы для студентов, обучающихся по специальности «агрономия», при этом некоторые из них закрыты к просмотру)<sup>10</sup>.

Полученные данные, по нашему мнению, свидетельствуют о неразработанности данной проблематики отечественным научным сообществом и о наличии существенных трудностей в ее практической реализации.

Из всего перечня отображенных работ нами выделены 4 научные работы, представляющие наибольший практический интерес с точки зрения содержания в них отдельных экономических аспектов внедрения в практику хозяйствования АПК подталкивателей (подравнивателей) кормов.

Так, коллектив авторов под руководством А.В. Косогор обращает внимание, что применение подталкивателей повышает уровень потребления кормов и, как следствие, увеличивает продуктивность животных на 12–15 %, снижает соответствующие потери, время и трудозатраты на кормление скота [6], однако, каких-либо экспериментальных данных авторы не приводят.

Н.В. Быковская и И.М. Власова акцентируют внимание, что эффект от применения цифровых технологий в молочном скотоводстве подтвержден практикой: увеличение удоев на 25 %, увеличение показателей воспроизводства стада на 20 %, увеличение привесов до 10 %, снижение заболеваемости [2], однако каких-либо расчетов, на основании которых были сделаны данные выводы, также не приводят.

Отдельные показатели, прежде всего с точки зрения затрат в отношении роботов-подталкивателей, в своей работе приводят А.О. Широков и В.Н. Миронов, которые утверждают,

---

<sup>10</sup> По состоянию на 10.09.2024 г.

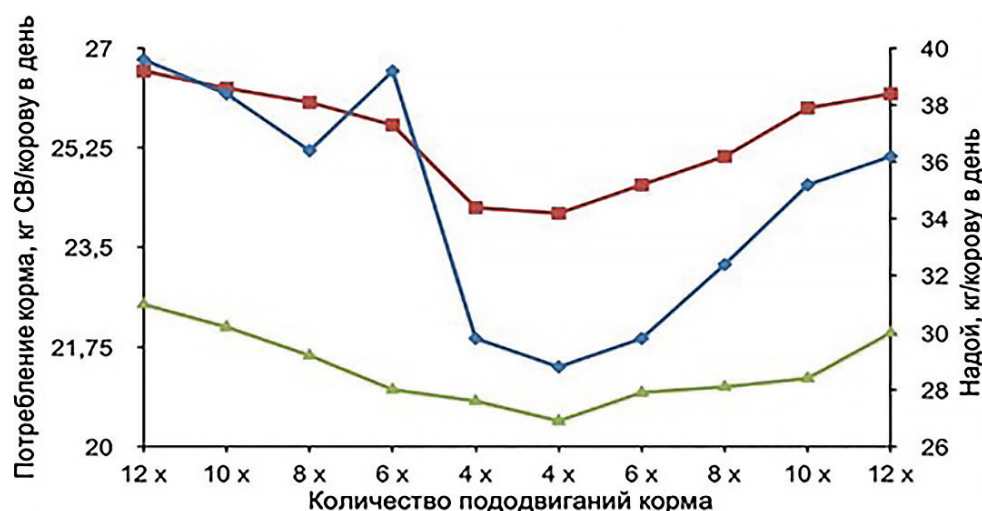
что, работая на электроэнергии, подобные устройства существенно экономят деньги (за счет разницы цен на электричество и топливо), время и трудозатраты в сравнении с традиционными способами раздачи кормов животным [12].

В научной публикации В. Романюк, М. Майхжака и К. Борэка описано производственно-экономическое исследование, в рамках которого в течение года на ферме КРС использовали робота-подталкивателя кормов. Исследования проводили в коровнике с беспривязной системой содержания животных с поголовьем 170 коров, использовался робот-подталкиватель фирмы «Lely» Juno 150, который перемещался вдоль прохода 14 раз в сутки. Один рабочий проход робота занимал около 15 минут, за год робот отработал 1277 часов; стоимость содержания и эксплуатации робота-подталкивателя в перерасчете на 1 голову составила 1 323,6 руб. в год [8]. Несмотря на проведенную детализацию, в данной публикации отсутствует какое-либо описание экономического эффекта от применения робота подталкивателя кормов.

Таким образом, только в одной работе приведена методика оценки затрат на эксплуатацию и содержание робота-подталкивателя (подравнивателя) кормов, проведены экономические расчеты, но без приведения какого-либо обоснования повышения продуктивности скота, в то время как в иных работах приведены показатели прироста продуктивности животных, а также отражена величина экономии финансовых и материальных ресурсов сельскохозяйственных организаций, однако без приведения каких-либо методик расчета, что не позволяет сделать однозначные выводы об экономическом потенциале робота-подталкивателя (подравнивателя) кормов.

Дополнительный мониторинг интернет-ресурсов показал, что на информационном портале «АгроВестник» присутствует научная статья профессора К. Малков-Нерге из университета г. Киль, Германия [7], которая описывает как поведение животных в зависимости от подачи кормов, так и величину потребления корма коровами, а также отражает динамику увеличения надоя молока в зависимости от количества пододвиганий. В своем исследовании ученый описывает одно из главных противоречий: чем более плоско лежит корм на кормовом столе, тем меньше он подвержен повторному нагреванию и тем меньше коровы могут этот корм перебирать. Но при этом, конечно, нужно обеспечить постоянную доступность корма. Решение данного вопроса видится в постоянном его пододвигании.

Результаты данного исследования представлены на рисунке 1.



- Потребление корма, кг СВ/голову в день, опытная группа 1 и 2
- Надой, кг/голову в день, опытная группа 1 (n = 30–38)
- Надой, кг/голову в день, опытная группа 2 (n = 12–19)

Рис. 1. Динамика надоя коров и потребления ими кормов в зависимости от количества пододвиганий корма [7]

Fig. 1. Dynamics of cows' milk yield and feed consumption depending on the number of feed movements [7]

Большинство животных подходят к кормовому столу в интервале около 10 минут после раздачи корма или его пододвигания. При этом корм убирали из области доступности животных через 90 минут после раздачи или пододвигания, что без пододвигания корма могло бы вести к снижению потребления корма.

Результаты исследования показали, что надой и потребление корма возрастают в зависимости от количества его пододвиганий, при этом динамику данного процесса (по средним величинам) можно примерно сгруппировать следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

Динамика среднегодового надоя коров и потребления ими кормов в зависимости от количества пододвиганий корма [7]

Dynamics of the average annual milk yield of cows and their feed consumption depending on the number of feed movements [7]

| Количество пододвиганий корма | Ежедневный расход кормов на 1 корову, кг |       |                    | Ежедневный надой на 1 корову, кг |      |                   |
|-------------------------------|------------------------------------------|-------|--------------------|----------------------------------|------|-------------------|
|                               | Норматив                                 | Факт  | Разница            | Норматив                         | Факт | Разница           |
| 4                             | 21,75                                    | 22,00 | +0,25<br>(1,15 %)  | 29,2                             | 28,8 | -0,4<br>(-1,40 %) |
| 6                             |                                          | 26,70 | +4,95<br>(22,80 %) |                                  | 29,8 | +0,6<br>(2,05 %)  |
| 8                             |                                          | 25,25 | +3,50<br>(16,10 %) |                                  | 32,3 | +3,1<br>(10,60 %) |
| 10                            |                                          | 26,30 | +4,55<br>(20,90 %) |                                  | 35,3 | +6,1<br>(20,90 %) |
| 12                            |                                          | 27,00 | +5,25<br>(24,10 %) |                                  | 36,0 | +6,8<br>(23,30 %) |
| Среднее значение              | 5,25/12 = 0,4375 (+2 %)                  |       |                    | 6,8/12 = 0,5666 (+1,94 %)        |      |                   |

Таким образом, исходя из проведенного исследования, каждое пододвигание кормов в среднем увеличивает размер их потребления на 437,5 г на 1 корову в день, что дает дополнительный прирост удоя 566,6 г на 1 корову в день. При этом потребление корма и надой коров в данном исследовании в среднем увеличивались на 2 % при каждом пододвигании кормов.

В дальнейшем при проведении расчетов мы будем руководствоваться указанным положением и возьмем его за основу оценки экономической эффективности практического применения подталкивателя кормов.

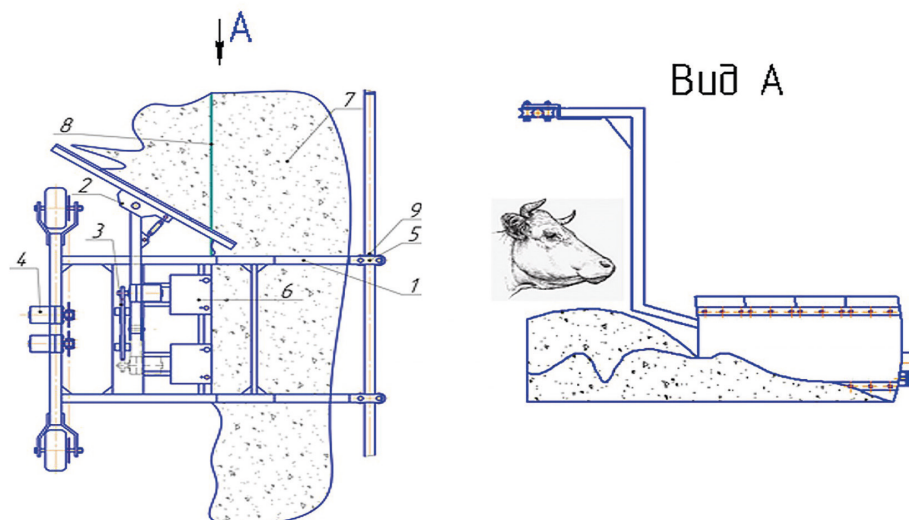
Здесь же следует обратить внимание на разнонаправленную и нестабильную динамику увеличения потребления кормов при постоянном росте надоев молока: максимальный рост надоев молока наблюдается после 10 пододвиганий корма (+1,5 кг), однако к 12 пододвиганию динамика роста замедляется до +0,35 кг. Указанное дает основание предполагать, что максимально целесообразное количество пододвиганий корма в сутки должно составлять не более 12 раз. Вместе с тем, из исследования не понятно каким образом осуществлялось пододвигание корма коровам (с помощью какого устройства), и главное – какие корма были использованы. Указанные аспекты, на наш взгляд, имеют существенное влияние на оценку данного процесса.

Данное обстоятельство, как представляется, указывает на необходимость создания отдельной методики и выработки более детального подхода к оценке экономической эффективности подобных устройств.

Целью работы является обоснование методики оценки экономической эффективности роботов-подталкивателей кормов на молочных фермах, учитывающей как затраты на кормовую базу животных и издержки на эксплуатацию данных устройств, так и рост надоя молока в результате применения аппарата.

В Новосибирском государственном аграрном университете в рамках изобретательской и рационализаторской работы разработан специальный подталкиватель кормов (СПК), общая схема, а также схема работы которого представлена на рисунках 2 и 3, а технические и технологиче-

ские характеристики в таблицах 2 и 3. Функционал СПК разработан под стандартный коровник на 100 голов КРС, с длиной помещения 72 м, с центральным проходом и двумя стойлами для животных. Предполагается движение агрегата по монорельсу вдоль кормовых столов с реверсом в обратную сторону. Срок службы устройства – 5 лет, норма амортизации – 20 % ежегодно. Технические характеристики и технологические операции агрегата показаны ниже.



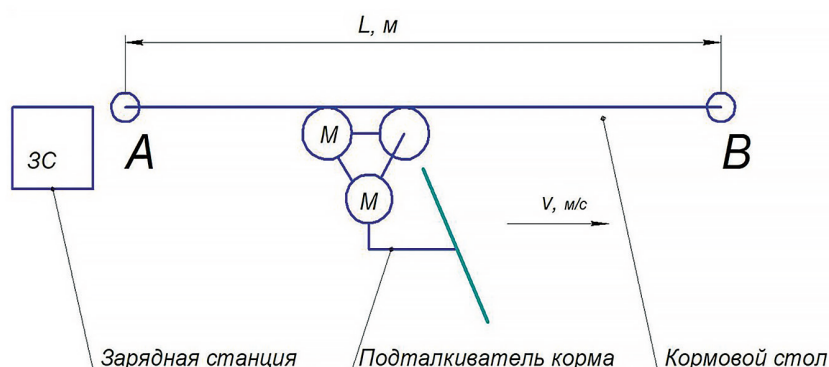
Источник: авторская разработка

Рис. 2. Общая схема подталкивателя (пододвигателя) кормов,

где: 1 – сварная рама; 2 – рабочий орган (лопата-отвал) с регулировкой угла атаки; 3 – опрокидывающий механизм лопаты-отвала; 4 – привод ведущих колёс; 5 – направляющее устройство; 6 – источник питания; 7 – кормовой стол; 8 – граница между кормовым столом и кормовым проездом; 9 – концевой переключатель.

Fig. 2. General scheme of the feed pusher (sub-motor),

where: 1 - welded frame; 2 - working body (shovel blade) with angle of attack adjustment; 3 - tipping mechanism of shovel blade; 4 - drive of driving wheels; 5 - guiding device; 6 - power source; 7 - feed table; 8 - boundary between feed table and feed passage; 9 - end switch.



Источник: авторская разработка

Рис. 3. Схема работы подталкивателя кормов вдоль кормового стола, где:  $L$  – длина кормового стола, м;  $V$  – скорость перемещения подталкивателя, м/с; А, В – контрольные точки; М – мотор-редуктор привода рабочих органов подталкивателя; ЗС – зарядная станция.

Fig. 3. Scheme of operation of the feed pusher along the feed table,

where:  $L$  - length of the feed table, m;  $V$  - speed of the pusher movement, m/s; А, В - control points; М - motor reducer of the drive of the pusher working bodies; ZS - charging station.



Таблица 2

**Технические характеристики СПК**  
**Technical characteristics of the SFB**

| Показатель                              | Значение       |
|-----------------------------------------|----------------|
| Скорость перемещения, м/с               | 0,1... 0,2     |
| Питание, В                              | 24... 40       |
| Установленная мощность, Вт              | 1500           |
| Потребляемая мощность (зарядка АКБ), Вт | 500            |
| Время заряда АКБ, ч                     | 5              |
| Тип привода                             | мотор-редуктор |
| Тип передвижения                        | монорельс      |
| Общий срок эксплуатации                 | до 5 лет       |

Источник: авторская разработка

Таблица 3

**Технологические операции работы СПК**  
**Technological operations of the work SFB**

| Операция                 | Длина пути, м | Скорость, м/с | Время работы, мин | Время работы в сутки, час | Количество циклов |
|--------------------------|---------------|---------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| Подталкивание            | 72            | 0,1... 0,2    | 6... 12           | 24                        | 6                 |
| Оборот рабочего органа   | –             | –             | 0,5... 1          | 24                        | 12                |
| Подталкивание            | 72            | 0,1... 0,2    | 6... 12           | 24                        | 6                 |
| Зарядка АКБ              | –             | –             | 300               | 24                        | 1                 |
| Техническое обслуживание | –             | –             | –                 | 1                         | 1                 |

Источник: авторская разработка

Исходя из этих данных, авторами поставлена задача оценить экономическую эффективность данного подталкивателя кормов.

В работе использован двухэтапный подход, в рамках которого на первом этапе, с применением абстрактно-логического метода, а также анализа и синтеза, проведена оценка имеющихся научных публикаций по теме исследования, обоснована и сформулирована ключевая проблема. На втором этапе – с использованием расчетно-конструктивных методов, а также метода группировки предложена методика оценки экономической эффективности применения подталкивателя кормов на молочных фермах (на примере устройства СПК).

С учетом ранее выделенных особенностей в дальнейших расчетах нами применен сценарный подход, предусматривающий выделение оптимистичного, базового и пессимистичного сценариев.

1. **Оптимистичный сценарий** применения подталкивателя (подравнивателя) кормов, при котором прирост молочной продуктивности КРС за счет увеличения потребления корма и сохранения его качественных характеристик составит 25 % (+2 % за каждое пододвигание корма при общем количестве пододвиганий не менее 12 раз и общем увеличении расхода кормов на 25 %).

2. **Базовый сценарий** применения подталкивателя (подравнивателя) кормов предполагает прирост молочной продуктивности КРС 15 % (+1,2 % за каждое пододвигание корма при общем количестве пододвиганий не менее 12 раз и общем увеличении расхода кормов на 25 %).

3. **Пессимистичный сценарий** применения подталкивателя (подравнивателя) кормов предполагает прирост молочной (мясной) продуктивности КРС 8 % и ниже (+0,65 % за каждое пододвигание корма при общем количестве пододвиганий 2 раза и общем увеличении расхода кормов на 25 %).

При внедрении в практику сельскохозяйственного производства СПК мы исходим из традиционного подхода, в рамках которого молочные фермы можно условно разделить на три группы: мелкие – до 200 коров; средние – 400–800 коров и крупные – 1000–1200 коров. Также с учетом того, что все поголовье крупного рогатого скота молочного хозяйства можно условно разделить на 4 группы или сектора<sup>11</sup> [11], в качестве оснований для дальнейших расчетов нами используется показатель 70 % задействования коров в производстве молока (производственный сектор) и 30 % в иных группах (секторах).

При себестоимости 1 ед. СПК (без учета маркетинговых, эксплуатационных и иных расходов) – 180 тыс. руб., общие затраты на комплектование молочных ферм составят:

- для мелких: 2 единицы (360 тыс. руб.);
- для средних – 8 единиц (1 440 тыс. руб.);
- для крупных – 12 единиц (2 160 тыс. руб.).

Финансовые затраты на кормление коров определены в размере 42 364,5 руб./корова/год исходя из следующих условий:

а) рацион питания коров летом состоит из зеленого корма на 85 % и концентратов на 15 %, зимой – из грубых и сочных кормов по 40 % соответственно, из концентратов на 20 % [4, с. 195];

б) с учетом сложных климатических условий Сибири в качестве летнего периода в расчетах принято 4 месяца, зимнего – 8 месяцев;

в) расход кормов на одну голову крупного скота в сельскохозяйственных организациях Новосибирской области – 36,6 центнеров кормовых единиц [3]<sup>12</sup>;

Исходя из данных о ресурсах и использовании молока и молокопродуктов по Российской Федерации, а также уровня производственных и иных потерь молока, показатель его выхода, включая товарность, принят в размере 92,3 %.

Исходные показатели, необходимые для проведения соответствующих расчетов, включая тарифы на электроэнергию, сведены в таблице 4.

Таблица 4

Исходные показатели для проведения расчетов экономической эффективности СПК  
Initial indicators for calculating the economic efficiency of the SFB

| Показатель                                                           | Малые фермы КРС | Средние фермы КРС | Крупные фермы КРС |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| 1                                                                    | 2               | 3                 | 4                 |
| Затраты на комплектование ферм КРС подталкивателями кормов СПК, руб. | 360 000         | 1 440 000         | 2 160 000         |
| Средний надой молока на 1 корову в Новосибирской области, кг/год     | 6 730           |                   |                   |

<sup>11</sup> Сектор выращивания ремонтного молодняка; сектор раздоя и проверки первотелок; сектор взрослых коров, или, как его принято называть, производственный сектор; сектор откорма.

<sup>12</sup> В результате мониторинга открытых источников сети Интернет установлено, что средняя стоимость зеленого корма (свежескошенное сено Искитимского, Корчневского, Болотнинского районов Новосибирской области) для КРС составляет 7,5 руб./кг; грубых кормов (заготовленное сено в рулонах Искитимского, Корчневского, Болотнинского районов Новосибирской области) – 4,3 руб./кг; сочных кормов (кукурузный силос) – 20 руб./кг; концентраты (Комбикорм Милк Cow, Комбикорм svoycorm ГОСТ Р 9268-2015, Комбикорм универсальный от ООО «Агрорусь») – 16,2 руб./кг.

Окончание табл. 4

| 1                                                                               | 2        | 3      | 4       |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|---------|
| Выход молока при производстве, включая его товарность, %                        | 92,3     |        |         |
| Степень задействования коров в производстве молока на ферме, %                  | 70       |        |         |
| Затраты на корма для КРС в Новосибирской области, руб./корова/год               | 42 364,5 |        |         |
| Цена реализации молока производителями Новосибирской области, руб./кг           | 32,35    |        |         |
| Тариф на электроэнергию в Новосибирской области для юридических лиц, руб./кВт/ч | 5,27939  | 4,9395 | 4,60724 |

Источник: авторская разработка на основании [3]

В рамках предложенного сценарного подхода проведены расчеты экономического эффекта от внедрения подталкивателя кормов в деятельность сельскохозяйственных организаций региона (табл. 5–8).

Таблица 5

Экономический эффект от внедрения СПК в деятельность малых сельскохозяйственных организаций  
The economic effect of the introduction of SFB in the activities of small agricultural organizations

| Исходные показатели<br>Оптимистичный                                                                         |                                    | Сценарии                                            |                                   |                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                                                                                              |                                    | Базовый                                             | Пессимистичный                    |                                   |
| Производство молока, кг/год                                                                                  | 869 651 (200 × 0,7 × 6730 × 0,923) | 1 087 063<br>(869 651 × 1,25)                       | 1 000 098<br>(869 651 × 1,15)     | 939 223<br>(869 651 × 1,08)       |
| Выручка по итогам реализации молока, руб./год                                                                | 28 133 197<br>(869 651 × 32,35)    | 35 166 496<br>(28 133 197 × 1,25)                   | 32 353 176<br>(28 133 197 × 1,15) | 30 383 853<br>(28 133 197 × 1,08) |
| Рост выручки в связи с повышением продуктивности коров                                                       |                                    | 7 033 299                                           | 4 219 979                         | 2 250 656                         |
| Затраты на приобретение кормов, руб./год                                                                     | 8 472 900<br>(42 364,5 × 200)      | 10 591 125<br>(8 472 900 × 1,25)                    |                                   |                                   |
| Рост затрат в связи с увеличением расхода кормов                                                             |                                    | 2 118 225<br>(10 591 125 – 8 472 900)               |                                   |                                   |
| Затраты на оснащение пододвигателями кормов СПК, руб.                                                        |                                    | 360 000                                             |                                   |                                   |
| Затраты на электроэнергию для пододвигателей кормов СПК, руб./год                                            |                                    | 9 634<br>(0,5 × 5 × 5,27939 × 365 × 2)              |                                   |                                   |
| Амортизационные отчисления по итогам ежегодной эксплуатации СПК, руб./год                                    |                                    | 72 000<br>(360 000 × 0,2)                           |                                   |                                   |
| Общие дополнительные затраты в связи с установкой робота подталкивателя (пододвигателя) кормов СПК, руб./год |                                    | 2 559 859<br>(2 118 225 + 360 000 + 9 634 + 72 000) |                                   |                                   |
| Экономический эффект, руб./год                                                                               |                                    | +4 473 440                                          | +1 660 120                        | –309 203                          |

Источник: авторская разработка

Таблица 6

**Экономический эффект от внедрения СПК в деятельность средних сельскохозяйственных организаций**  
**The economic effect of the introduction of SFB in the activities of medium-sized agricultural organizations**

| Исходные показатели                                                                                          |                                      | Сценарии                                                 |                                     |                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                                                                              |                                      | Оптимистич-<br>ный                                       | Базовый                             | Песси-<br>мистичный                 |
| Производство молока, кг/год                                                                                  | 3 478 602 (800 × 0,7 × 6730 × 0,923) | 4 348 253<br>(3 478 602 × 1,25)                          | 4 000 393<br>(3 478 602 × 1,15)     | 3 756 891<br>(3 478 602 × 1,08)     |
| Выручка по итогам реализации молока, руб./год                                                                | 112 532 788<br>(3 478 602 × 32,35)   | 140 665 985<br>(112 532 788 × 1,25)                      | 129 412 706<br>(112 532 788 × 1,15) | 121 535 411<br>(112 532 788 × 1,08) |
| Рост выручки в связи с повышением продуктивности коров                                                       |                                      | 28 133 197                                               | 16 879 918                          | 9 002 623                           |
| Затраты на приобретение кормов, руб./год                                                                     | 33 891 600<br>(42 364,5 × 800)       | 42 364 500<br>(33 891 600 × 1,25)                        |                                     |                                     |
| Рост затрат в связи с увеличением расхода кормов                                                             |                                      | 8 472 900<br>(42 364 500 – 33 891 600)                   |                                     |                                     |
| Затраты на оснащение пододвигателями кормов СПК, руб.                                                        |                                      | 1 440 000                                                |                                     |                                     |
| Затраты на электроэнергию для пододвигателей кормов СПК, руб./год                                            |                                      | 36 058<br>(0,5 × 5 × 4,9395 × 365 × 8)                   |                                     |                                     |
| Амортизационные отчисления по итогам ежегодной эксплуатации СПК, руб./год                                    |                                      | 288 000<br>(1 440 000 × 0,2)                             |                                     |                                     |
| Общие дополнительные затраты в связи с установкой робота подталкивателя (пододвигателя) кормов СПК, руб./год |                                      | 10 236 958<br>(8 472 900 + 1 440 000 + 36 058 + 288 000) |                                     |                                     |
| Экономический эффект, руб./год                                                                               |                                      | +17 896 239                                              | +6 642 960                          | –1 234 335                          |

Источник: авторская разработка

Таблица 7

**Экономический эффект от внедрения СПК в деятельность крупных сельскохозяйственных организаций**  
**The economic effect of the introduction of SFB in the activities of large agricultural organizations**

| Исходные показатели                                    |                                          | Сценарии                            |                                     |                                     |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|                                                        |                                          | Оптимистич-<br>ный                  | Базовый                             | Песси-<br>мистичный                 |
| 1                                                      | 2                                        | 3                                   | 4                                   | 5                                   |
| Производство молока, кг/год                            | 5 217 903<br>(1200 × 0,7 × 6730 × 0,923) | 6 522 379<br>(5 217 903 × 1,25)     | 6 000 588<br>(5 217 903 × 1,15)     | 5 635 335<br>(5 217 903 × 1,08)     |
| Выручка по итогам реализации молока, руб./год          | 168 799 162<br>(5 217 903 × 32,35)       | 210 998 953<br>(168 799 162 × 1,25) | 194 119 036<br>(168 799 162 × 1,15) | 182 303 095<br>(168 799 162 × 1,08) |
| Рост выручки в связи с повышением продуктивности коров |                                          | 42 199 791                          | 25 319 874                          | 13 503 933                          |
| Затраты на приобретение кормов, руб./год               | 50 837 400<br>(42 364,5 × 1200)          | 63 546 750<br>(50 837 400 × 1,25)   |                                     |                                     |



Окончание табл. 7

| 1                                                                                                            | 2                                                         | 3          | 4          | 5 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------|------------|---|
| Рост затрат в связи с увеличением расхода кормов                                                             | 12 709 350<br>(63 546 750 – 50 837 400)                   |            |            |   |
| Затраты на оснащение пододвигателями кормов СПК, руб.                                                        | 2 160 000                                                 |            |            |   |
| Затраты на электроэнергию для пододвигателей кормов СПК, руб./год                                            | 50 449<br>(0,5 × 5 × 4,60724 × 365 × 12)                  |            |            |   |
| Амортизационные отчисления по итогам ежегодной эксплуатации СПК, руб./год                                    | 432 000<br>(2 160 000 × 0,2)                              |            |            |   |
| Общие дополнительные затраты в связи с установкой робота подталкивателя (пододвигателя) кормов СПК, руб./год | 15 351 799<br>(12 709 350 + 2 160 000 + 50 449 + 432 000) |            |            |   |
| Экономический эффект, руб./год                                                                               | +26 847 992                                               | +9 968 075 | –1 847 866 |   |

Источник: авторская разработка

Таблица 8

**Итоговые данные по общему экономическому эффекту от использования СПК в деятельности сельскохозяйственных организаций с учетом специфики Новосибирской области**  
**Summary data on the overall economic effect of the use of SFB in the activities of agricultural organizations, taking into account the specifics of the Novosibirsk region**

| Показатели                                                                                         | Сценарии      |            |                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------|----------------|
|                                                                                                    | Оптимистичный | Базовый    | Пессимистичный |
| <i>Малые фермы КРС</i>                                                                             |               |            |                |
| Рост выручки в связи с повышением продуктивности коров                                             | 7 033 299     | 4 219 979  | 2 250 656      |
| Общие дополнительные затраты в связи с установкой робота-подталкивателя (пододвигателя) кормов СПК | 2 559 859     |            |                |
| Экономический эффект                                                                               | +4 473 440    | +1 660 120 | –309 203       |
| <i>Средние фермы КРС</i>                                                                           |               |            |                |
| Рост выручки в связи с повышением продуктивности коров                                             | 28 133 197    | 16 879 918 | 9 002 623      |
| Общие дополнительные затраты в связи с установкой робота-подталкивателя (пододвигателя) кормов СПК | 10 236 958    |            |                |
| Экономический эффект                                                                               | +17 896 239   | +6 642 960 | –1 234 335     |
| <i>Крупные фермы КРС</i>                                                                           |               |            |                |
| Рост выручки в связи с повышением продуктивности коров                                             | 42 199 791    | 25 319 874 | 13 503 933     |
| Общие дополнительные затраты в связи с установкой робота-подталкивателя (пододвигателя) кормов СПК | 15 351 799    |            |                |
| Экономический эффект                                                                               | +26 847 992   | +9 968 075 | –1 847 866     |

Источник: авторская разработка

В результате проведенных расчетов установлено, что при оптимистичном сценарии рост выручки ферм КРС может составить около 16 %, при базовом – около 6 %, при пессимистичном сценарии и росте молочной продуктивности коров менее 10 % внедрение подталкивателя кормов СПК экономически нецелесообразно.

Проведенные расчеты наглядно показывают причину, по которой в российском АПК практически не используются роботы-подталкиватели (пододвигатели) кормов: высокая цена (как правило выше 1 млн руб. за единицу), сопряженная с необходимостью их специализированного обслуживания (в большинстве случаев с отрывом от производства), а также обязательное повышение продуктивности КРС минимум на 10 % (зачастую данный показатель зависит не от данных роботов, а от совокупности фито-санитарных факторов, связанных с содержанием животных и уходом за ними), – все это делает применение подобных устройств дорогим удовольствием и приводит к их фактической замене на ручной либо низко-механизированный труд.

Предложенная методика может использоваться для предварительной оценки экономической эффективности иных подобных устройств, а также позволяет учитывать специфику хозяйственной деятельности АПК конкретных регионов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Роботизированные технологии в кормлении крупного рогатого скота* / Д.А. Благоев, И.В. Миронова, С.В. Митрофанов [и др.] // Все о мясе. – 2021. – № 4. – С. 21–25. – DOI: 10.21323/2071-2499-2021-4-21-25. – EDN: BSLNAW.
2. *Быковская Н.В., Власова И.М. Цифровизация в молочном скотоводстве* // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2018. – № 28 (33). – С. 55–61. – EDN: BSWTZP.
3. *Информационный портал Федеральной службы государственной статистики* [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 05.07.2024).
4. *Карамнова Н.В., Белоусов В.М. Управление технологиями*. – Мичуринск: Мичуринский ГАУ, 2018. – 275 с. – EDN: XUXINB.
5. *Приоритетные направления роботизации процессов на молочных фермах* / Л.П. Кормановский, Ю.А. Цой, В.В. Кирсанов [и др.] // Фермер. Черноземье. – 2018. – № 8 (17). – С. 36–38. – EDN: YAKYNF.
6. *Косогор А.В., Макаева В.И., Заикина А.С. Технология кормления крупного рогатого скота* // Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса: сб. материалов II Всероссийской (нац.) науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Курск: Курская ГСХА им. И.И. Иванова, 2021. – Ч. 2. – С. 8–11. – EDN: RCDVBB.
7. *Малков-Нерге К. Постоянная доступность обеспечивает высокое потребление корма* [Электронный ресурс] // Информационный портал «Агровестник». – URL: <https://agrovesti.net/lib/tech/feeding-tech/postoyannaya-dostupnost-obespechivaet-vysokoe-potreblenie-korma.html> (дата обращения: 10.07.2024).
8. *Романюк В., Майхжак М., Борэк К. Метод проведения измерений и результаты исследований технологий приготовления и раздачи кормов в коровниках* // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: сб. межд. науч.-техн. конф. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2015. – Т. 1. – С. 43–56. – EDN: YQCBZL.
9. *Сетейкин С.В., Старикова О.В., Емельянов С.П. Руководство по молочному скотоводству: рекомендации*. – Красноярск: Мин-во сельск. хоз-ва и прод. полит. Красноярского края. – 2014. – 82 с.
10. *Сёмин А.Н., Набоков В.И., Скворцов Е.А. Принципы и факторы применения робототехники в организациях сельского хозяйства* // Теория и практика мировой науки. – 2017. – № 9. – С. 75–79. – EDN: ZPFFER.
11. *Хазанов Е.Е. Классификация молочных ферм* // Технологии и технологические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2002. – № 73. – С. 197–202.
12. *Широков А.О., Миронов В.Н. Роботизация в животноводстве* // Научный вклад молодых исследователей в сохранение традиций и развитие АПК: сб. науч. тр. межд. науч.-практ. конф. молодых учёных и студентов. – Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2016. – Ч. 1. – С. 372–374. – EDN: YTLLYF.

## REFERENCES

1. Blagov D.A., Mironova I.V., Mitrofanov S.V., Galeeva N.N., Melnichuk D.S., *Vse o mjase*, 2021, No. 4, pp. 21–25, DOI: 10.21323/2071-2499-2021-4-21-25. (In Russ).
2. Bykovskaya N.V., Vlasova I.M., *Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaochnogo universiteta*, 2018, No. 28 (33), pp. 55–61. (In Russ).
3. *Information portal of the Federal State Statistics Service*, available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (July 05, 2024).
4. Karamnova N.V., Belousov V.M., *Upravlenie tehnologijami* (Technology management), Michurinsk: Michurinsky SAU, 2018, 275 p. (In Russ).
5. Kormanovsky L.P., Tsoi Yu.A., Kirsanov V.V., Nikitin E.A., Razin V.S., *Fermer. Chernozem'e*, 2018, No. 8 (17), pp. 36–38. (In Russ).
6. Kosogor A.V., Makaeva V.I., Zaikina A.S., *Molodezhnaya nauka – razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa* (Youth science - development of agroindustrial complex), Collection of materials of II All-Russian (national) scientific-practical conference of students, postgraduates and young scientists, Kursk: Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov, 2021, Vol. 2, 387 p. (In Russ).
7. K. Malkov-Nerge, *Informacionnyj portal «Agrovestnik»*, available at: <https://agrovesti.net/lib/tech/feeding-tech/postoyannaya-dostupnost-obespechivaet-vysokoe-potreblenie-korma.html> (July 10, 2024).
8. Romanyuk V., Maykhzhak M., Borek K., *Nauchno-tekhnicheskij progress v sel'skohozyajstvennom proizvodstve* (Scientific and Technical Progress in Agricultural Production), Collection of International Scientific and Technical Conference, Minsk: RUE “NPTS of the National Academy of Sciences of Belarus on agricultural Mechanization”, 2015, Vol. 1, 216 p. (In Russ).
9. Seteikin, S.V. Starikova O.V., Yemelyanov S.P., *Rukovodstvo po molochnomu skotovodstvu* (Guidelines for dairy cattle breeding), rekomendacii, Krasnoyarsk: Ministry of Agriculture and Food Policy of the Krasnoyarsk Territory, 2014, 82 p. (In Russ).
10. Semin A.N., Nabokov V.I., Skvortsov E.A., *Teoriya i praktika mirovoj nauki*, 2017, No. 9, pp. 75–79. (In Russ).
11. Khazanov E.E. *Tehnologii i tehnologicheskie sredstva mehanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva*, 2002, No. 73, pp. 197–202. (In Russ).
12. Shirokov A.O., Mironov V.N., *Nauchnyj vklad molodyh issledovatelej v sohranenie tradicij i razvitie APK* (Scientific contribution of young researchers to the preservation of traditions and development of agroindustrial complex), Collection of scientific papers of the international scientific-practical conference of young scientists and students, St. Petersburg: SPBGAAU, 2016, Ch. 16, pp.372–374, EDN: YTLLYF. (In Russ).

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ И ВЫЗОВОВ В ОБЛАСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: РОЛЬ И МЕСТО МАЛЫХ ФОРМ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

О.С. Шинделова, кандидат экономических наук, доцент

С.А. Гаврюк, студент

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: olga\_educatoin@mail.ru

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, цифровая зрелость, малые формы хозяйствования, кооперация.

**Реферат.** Цифровая трансформация в сельском хозяйстве становится всё более актуальной и неотъемлемой частью развития отрасли в современном мире. Одним из ключевых понятий в данном контексте является цифровая зрелость сельского хозяйства, которая отражает уровень применения цифровых технологий и инноваций в сфере. Этот показатель не только определяет конкурентоспособность отдельных предприятий, но и влияет на общую эффективность и устойчивость всей отрасли. Внедрение цифровых технологий в сельское хозяйство способствует повышению производительности труда, оптимизации процессов, улучшению качества продукции, а также снижению негативного воздействия на окружающую среду. Однако для успешной реализации потенциала цифровой трансформации необходимо учитывать ряд факторов, оказывающих влияние на развитие цифровой зрелости сельского хозяйства. И таких факторов, влияющих на достижение оптимального уровня цифровой зрелости, в настоящее время существует довольно большое количество. В РФ сформирован «Динамический рейтинг цифровой трансформации сферы АПК», являющийся инструментом мониторинга состояния и оперативного управления мероприятиями и процессами цифровой трансформации сферы АПК на уровне субъектов РФ и отдельных сельскохозяйственных товаропроизводителей. Однако рейтинг не отражает цифровую зрелость всех участников сельскохозяйственного производства, так, показатели малых форм хозяйствования не участвуют в формировании рейтинга, что, на наш взгляд, искажает реальную ситуацию. В данном контексте важно провести анализ ключевых аспектов цифровой зрелости, определить приоритетные направления её развития и разработать рекомендации по эффективному введению цифровых технологий в сельское хозяйство. Такой подход поможет обеспечить устойчивое и инновационное развитие сельскохозяйственной отрасли, способствуя повышению его конкурентоспособности на мировом рынке.

## IDENTIFICATION OF THE MAIN PROBLEMS AND CHALLENGES IN THE FIELD OF DIGITAL TRANSFORMATION IN AGRICULTURE: THE ROLE AND PLACE OF SMALL BUSINESS

O.S. Shindelova, PhD in Economic Sciences, Associate Professor

S.A. Gavryuk, student

Novosibirsk State Agrarian University

**Keywords:** digital transformation, digital maturity, small business forms, cooperation.

**Abstract.** Digital transformation in agriculture is becoming more and more relevant and an integral part of the development of the industry in the modern world. One of the key concepts in this context is the digital maturity of agriculture, which reflects the level of application of digital technologies and innovations in the field. This indicator not only determines the competitiveness of individual enterprises, but also affects the overall efficiency and sustainability of the entire industry. The introduction of digital technologies in agriculture helps to increase labor productivity, optimize processes, improve product quality, and reduce the negative impact on the environment. However, in order to successfully realize the potential of digital transformation, it is



*necessary to take into account a number of factors affecting the development of digital maturity in agriculture. Currently, a fairly large number of factors can be identified that influence the achievement of an optimal level of digital maturity. The “Dynamic rating of the digital transformation of the agro-industrial complex” has been formed in the Russian Federation, which is a tool for monitoring factors and operational management of measures and processes of digital transformation of the agro-industrial complex at the level of subjects of the Russian Federation and individual agricultural producers. However, the rating does not reflect the digital maturity of all participants in agricultural production, as indicators of small business entities do not participate in the formation of the rating, which, in our opinion, distorts the real situation. In this context, it is important to analyze the key aspects of digital maturity, identify priority areas of development and develop recommendations for the effective introduction of digital technologies into agriculture. This is the only way to ensure the sustainable and innovative development of the agricultural sector, contributing to its competitiveness in the global market.*

Цифровые технологии являются важным инструментом для современного сельского хозяйства, находящегося в процессе цифровой трансформации. Внедрение цифровых технологий в сельское хозяйство будет содействовать обеспечению устойчивого развития отрасли и удовлетворению непрерывно возрастающего спроса на продукцию высокого качества. В то же время внедрение данных технологий требует от сельскохозяйственных товаропроизводителей достижения соответствующего уровня цифровой зрелости.

Цифровая зрелость – понятие, которое используется в научной литературе для характеристики состояния отрасли с точки зрения её функционирования в условиях цифровой экономики. Подходы к определению цифровой зрелости приведены в научных работах Г.А. Банных, М.Е. Баранова, А.И. Режецкой. Под цифровой зрелостью региона авторы понимают «его уровень использования потенциала цифровых технологий во всех сферах жизнедеятельности с целью модернизации социально-экономической инфраструктуры» [1].

Г.Р. Халилова считает, что «цифровая зрелость – это состояние, в котором эффективность цифровых процессов достигает своего максимума, рабочая деятельность выстроена таким образом, что весь коллектив с помощью внедрённых IT-решений работает как слаженная команда для достижения необходимых целей» [10].

По нашему мнению, цифровой зрелостью является степень осознанности и готовности той или иной отрасли народного хозяйства к успешному внедрению цифровых технологий на государственном или региональном уровне.

«Динамический рейтинг цифровой трансформации сферы АПК» отражает неравномерность цифрового развития регионов России [8].

Данный рейтинг призван решать целый ряд задач:

- 1) стимулировать постановку целей и высокую скорость развития цифровых технологий в отрасли;
- 2) создать и развивать электронный сервис для сбора, обработки и хранения данных;
- 3) на основе анализа целевых показателей цифровой трансформации отрасли формировать показатели и индикаторы, отражающие состояние и прогресс цифровой трансформации;
- 4) формировать дашборды и аналитические материалы по результатам рейтинга;
- 5) давать регулярную оценку достижения установленных показателей для каждого участника рейтинга;
- 6) распространять лучшие практики цифровизации отрасли;
- 7) выявлять и своевременно устранять проблемы цифровизации отрасли.

Планируемыми результатами рейтинга являются трекинг текущего состояния цифровой зрелости АПК регионов; интенсификация процесса цифровой трансформации отрасли на всех уровнях; стимулирование регионов к пересмотру своих стратегий АПК: внесение в оперативную систему значимых данных, установка высоких целевых значений, разработка мероприятий и т. д.

Иными словами, «Динамический рейтинг цифровой трансформации сферы АПК» позволяет оценить эффективность и скорость внедрения цифровых технологий в аграрном секторе. Этот рейтинг помогает выявить уровень цифровой зрелости и определить области, нуждающиеся в усовершенствовании. Такой анализ поможет повысить конкурентоспособность сельскохозяйственных предприятий, улучшить качество продукции, оптимизировать бизнес-процессы и повысить прибыльность отрасли.

Для проведения сравнительного анализа с целью выявления показателей, отражающих степень влияния на процесс цифровой трансформации сферы АПК с точки зрения органов исполнительной власти, объединим данные, приведённые в «Динамическом рейтинге» за четыре квартала 2023 года (табл. 1).

Таблица 1

Показатели цифровой трансформации сферы АПК за I–IV кварталы  
2023 г.\*

Indicators of digital transformation of the agro-industrial complex for the I–IV quarters of 2023.

| Показатель                                                                                                        | КВАРТАЛ |    |     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|-----|----|
|                                                                                                                   | I       | II | III | IV |
| 1                                                                                                                 | 2       | 3  | 4   | 5  |
| Наличие команды цифровой трансформации АПК<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл                   | 1       | 1  | 1   | 1  |
| Наличие показателей стратегического направления<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл              | 1       |    |     |    |
| Наличие плана («дорожной карты») цифровой трансформации АПК<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл  | 1       | 1  | 1   | 1  |
| Наличие информации о господдержке на сайте РОИВ АПК<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл          | 1       | 1  | 1   | 1  |
| Назначение РЦТ РОИВ АПК<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл                                      | 1       |    |     |    |
| Наличие стратегии цифровой трансформации АПК<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 2 балла                | 2       | 2  | 2   | 2  |
| Поставлены цели и задачи цифровой трансформации АПК<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл          | 1       |    |     |    |
| Наличие специалиста по информационной безопасности<br>Мин. значение: 0,5 балла<br>Макс. значение: 2 балла         |         | 2  | 2   | 2  |
| Подключение к центру управления информационной безопасностью<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл |         | 1  |     |    |
| Процент актуальных начислений на ЕПГУ<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл                        |         | 1  |     |    |

Окончание табл. 1

| 1                                                                                                                        | 2 | 3  | 4  | 5  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----|----|
| Запланирован проект с использованием «сквозных технологий»<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл          |   | 1  |    |    |
| Наличие инструментов обратной связи для агробизнеса<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл                 |   | 1  |    |    |
| Состояние ИТ-инфраструктуры РОИВ АПК<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл                                |   |    | 1  |    |
| Аудит информационных систем РОИВ АПК<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл                                |   |    | 1  |    |
| Мероприятия по развитию информационных систем<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл                       |   |    | 1  |    |
| Использование предприятиями АПК мер господдержки в электронном виде<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл |   |    |    | 1  |
| Отраслевая отчётность предприятий АПК<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл                               |   |    |    | 1  |
| Потребность в обучении предприятий АПК<br>Мин. значение: 0 баллов<br>Макс. значение: 1 балл                              |   |    |    | 1  |
| Максимальное итоговое количество баллов                                                                                  | 8 | 11 | 10 | 10 |

\* Источник: составлено авторами

Исходя из данной таблицы, ясно, что базовыми показателями, необходимыми для оценки уровня достижения цифровой зрелости сельского хозяйства, являются:

- 1) команда, руководящая процессом цифровой трансформации отрасли;
- 2) план цифровой трансформации;
- 3) стратегия цифровой трансформации;
- 4) информация о государственной поддержке на сайте РОИВ АПК;
- 5) наличие специалиста по информационной безопасности.

Показатели, не включённые в методику оценки цифровой зрелости агропромышленного комплекса за 2023 г., являются второстепенными и не оказывают существенное влияние на процесс достижения цифровой трансформации.

Относительно цифровой трансформации сельского хозяйства Новосибирской области глава региона высказал мнение: «...многие наши предприятия применяют различные инструменты цифровой трансформации: от оцифровки полей до точного земледелия, сеяния семян, удобрений и химикатов. Но говорить о масштабном, системном опыте применения новых технологий ещё рано. Ускорить цифровую трансформацию сельского хозяйства позволит донстройка региональных мер господдержки, и область к этому готова».

Новосибирская область является одним из ведущих регионов по производству сельскохозяйственной продукции в Сибирском федеральном округе (табл. 2).

Таблица 2

**Место Новосибирской области в производстве сельскохозяйственной продукции среди регионов Сибирского Федерального округа (в хозяйствах всех категорий по данным 2022 г.) [7]**  
**The Novosibirsk Region's position in agricultural output among regions of the Siberian Federal District (in farms of all categories according to 2022 data). [7]**

| Регион                                                           | Валовой сбор зерна | Валовой сбор картофеля | Валовой сбор овощей | Производство скота и птицы на убой | Производство молока | Производство яиц |
|------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------|------------------|
| Сибирский федеральный округ (место, занимаемое среди округов РФ) | 3                  | 3                      | 5                   | 4                                  | 3                   | 3                |
| Республика Алтай                                                 | 10                 | 9                      | 9                   | 8                                  | 9                   | 9                |
| Республика Тыва                                                  | 9                  | 10                     | 10                  | 10                                 | 10                  | 10               |
| Республика Хакасия                                               | 8                  | 8                      | 8                   | 9                                  | 8                   | 8                |
| Алтайский край                                                   | 1                  | 2                      | 2                   | 2                                  | 1                   | 3                |
| Красноярский край                                                | 4                  | 1                      | 4                   | 3                                  | 3                   | 6                |
| Иркутская область                                                | 6                  | 5                      | 6                   | 6                                  | 5                   | 4                |
| Кемеровская область                                              | 5                  | 3                      | 5                   | 7                                  | 6                   | 1                |
| Новосибирская область                                            | 2                  | 6                      | 1                   | 1                                  | 2                   | 2                |
| Омская область                                                   | 3                  | 4                      | 3                   | 4                                  | 4                   | 5                |
| Томская область                                                  | 7                  | 7                      | 7                   | 5                                  | 7                   | 7                |

Как видно из таблицы, Новосибирская область находится на лидирующих позициях среди регионов СФО по ряду показателей, что предполагает наличие возможностей у области по достижению целевых показателей цифровой трансформации, поскольку в регионах, где развито сельскохозяйственное производство, данные процессы происходят быстрее.

Так, Новосибирская область вошла в число пилотных регионов, которые в числе первых перенесли свои сервисы на новую цифровую платформу под названием «ГосТех», разработанную в рамках исполнения Указа президента РФ о необходимости создания и запуска государственных информационных систем с 1 января 2024 г. Переход на подобные отечественные цифровые платформы – одна из задач национальной цели «Цифровая трансформация», а также помощь при переводе имеющихся данных и отчётов «в цифру» и оказании господдержки аграриям.

В «Господдержке АПК» на сегодняшний день зарегистрировано более 2600 организаций агропромышленного комплекса Новосибирской области, включая фермерские и подсобные хозяйства, индивидуальных предпринимателей. За 2022 г. новосибирские сельхозпроизводители получили более четырех миллиардов рублей субсидий через сервис, что составляет более 88 % от всех выплаченных средств [5].

Для выявления проблем в части цифровой трансформации АПК Новосибирской области обратимся к показателям динамического рейтинга региона по итогам 4 квартала 2023 г.

Принцип работы «Динамического рейтинга цифровой трансформации АПК» заключается в ежеквартальном сборе и анализе данных о сельскохозяйственных процессах. Полученные сведения необходимы для отслеживания изменений по достижению определённых показателей, которые выделены и представлены в таблице 3.



Таблица 3

**Показатели цифровой трансформации сферы АПК Новосибирской области за IV квартал 2023 г.**  
**Indicators of the digital transformation of the Novosibirsk Region's agribusiness sector for the fourth quarter of 2023.**

| Показатель                                                             | максимум | IV квартал | оценка       |
|------------------------------------------------------------------------|----------|------------|--------------|
| 1. Наличие команды цифровой трансформации АПК                          | 1        | 1          | достаточно   |
| 2. Наличие стратегии цифровой трансформации АПК                        | 2        | 1          | недостаточно |
| 3. Наличие плана («дорожной карты») цифровой трансформации АПК         | 1        | 1          | достаточно   |
| 4. Наличие раздела о господдержке на сайте РОИВ АПК                    | 1        | 1          | достаточно   |
| 5. Наличие специалиста по информационной безопасности                  | 2        | 1          | недостаточно |
| 6. Использование предприятиями АПК мер господдержки в электронном виде | 1        | 0,5        | недостаточно |
| 7. Отраслевая отчетность предприятий АПК                               | 1        | 1          | достаточно   |
| 8. Потребность в обучении предприятий АПК                              | 1        | 1          | достаточно   |

Источник: составлено авторами

Анализ «Динамического рейтинга цифровой трансформации сферы АПК» по Новосибирской области за 4 квартал 2023 г., позволяет выявить фактическое положение дел и предложить определённые рекомендации. Таким образом, можно сформулировать следующие положения.

1. В регионе есть команда цифровой трансформации АПК (1 балл).

2. В Новосибирской области частично существует стратегия цифровой трансформации АПК: раздел «Сельское хозяйство» включён в региональную стратегию цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления; установлены показатели цифровой трансформации АПК и их целевые значения (1 балл), но не разработан отдельный региональный документ стратегического планирования в сфере АПК, устанавливающий показатели цифровой трансформации и их целевые значения (0 баллов).

Для формирования полной стратегии цифровой трансформации Новосибирской области, можно предложить следующие мероприятия:

– провести круглые столы и дискуссионные панели с участием экспертов и представителей успешных компаний, которые уже внедрили цифровые технологии в производственные процессы;

– создать специализированные центры или проектные офисы по поддержке оптимального уровня цифровой трансформации для сельскохозяйственных предприятий, где будут предоставляться услуги по консультированию, тестированию и внедрению новых технологий.

3. Разработан план («дорожная карта») цифровой трансформации АПК (1 балл).

4. Имеется раздел о государственной поддержке на сайте регионального органа исполнительной власти (РОИВ) АПК (1 балл, складывающийся из следующих критериев: быстрый доступ к разделу 0,2 б. + структура с описанием мер господдержки 0,2 б. + актуальность информации 0,2 б. + наличие шаблонов для получения мер господдержки 0,2 б. + оформление страницы 0,1 б. + наполнение раздела 0,1 б.).

5. В РОИВ АПК есть штатный специалист по информационной безопасности (1 балл), но её обеспечением не занимаются специалисты учреждения, подведомственного РОИВ АПК (0 баллов).

6. Предприятия АПК используют меры господдержки в электронном виде (326 предприятий из 402 пользуются электронной государственной поддержкой – 0,5 балла, так как предоставляемая форма заполнена не полностью).

Причинами использования электронной отчётности лишь 326 предприятиями АПК из 402 могут являться:

- недостаточная информированность о преимуществах и возможностях электронной отчётности;
- неподготовленность предприятий к использованию цифровых технологий;
- сложности с доступом к необходимой технической инфраструктуре и программному обеспечению;
- отсутствие мотивации со стороны предпринимателей из-за недостаточного понимания выгод от перехода на электронную форму отчётности.

7. Ведётся отраслевая отчётность предприятий АПК (предоставлены сведения по 20 сельскохозяйственным предприятиям региона – 1 балл).

8. Существует потребность в специализированном обучении предприятий АПК (предоставлены сведения по 20 предприятиям АПК региона – 1 балл).

Заключительный пункт таблицы 3 под названием «Потребность в обучении предприятий АПК», по нашему мнению, следует переименовать как «Доля специалистов сельскохозяйственного предприятия, имеющих навыки работы в области цифровых технологий», при этом предложить методику оценки со следующей градацией:

10–30 % специалистов, имеющих навыки работы в области цифровых технологий на предприятии; принимается значение 0,3 б.;

30–50 % специалистов, имеющих навыки работы в области цифровых технологий на предприятии; значение 0,5 б.;

50–80 % специалистов, имеющих навыки работы в области цифровых технологий на предприятии; значение 0,8 б.;

80–100 % специалистов, имеющих навыки работы в области цифровых технологий на предприятии; значение 1 б.

Также могут быть предложены авторские показатели оценки уровня цифровой зрелости для усовершенствования исследуемой методики:

- 1) наличие широкополосного доступа к сети Интернет;
- 2) наличие современного оборудования (персональных компьютеров) на местах в сельскохозяйственных предприятиях;
- 3) наличие и использование аналитических инструментов для анализа данных и принятия управленческих решений;
- 4) уровень цифровой грамотности сотрудников.

Несмотря на недоработки в показателях «Наличие стратегии цифровой трансформации АПК» (а именно «Наличие специалиста по информационной безопасности» и «Использование предприятиями АПК мер господдержки в электронном виде») полученные 7,5 баллов (из максимально возможных 10), соответствуют высокому уровню цифровой трансформации сельского хозяйства Новосибирской области, входящей в «зелёную зону» (см. рис.).



Карта, составленная на основе «Динамического рейтинга цифровой трансформации агро-промышленного комплекса» субъектов Российской Федерации на конец 2023 г. [6]

Map based on the “Dynamic rating of digital transformation of the agro-industrial complex” of the subjects of the Russian Federation at the end of 2023. [6]

В свою очередь, лидерами по цифровой трансформации АПК среди регионов России в 2023 г. стали Республика Татарстан, Костромская область, Орловская область, Томская область и Чувашская Республика. Во второй категории отмечены регионы, которые в течение года смогли максимально нарастить свои показатели по данному направлению. Это Пензенская область, Кемеровская область, Приморский край, Хабаровский край и Московская область [6].

Анализируя представленные данные, целесообразно сделать вывод о тенденциях цифровой трансформации регионов России: в «зелёную зону» входит Сибирь, в «жёлтую» – часть Дальнего Востока, в «красную» – некоторые западные районы России.

При составлении данного рейтинга субъекты РФ оценивались по показателям готовности региональной команды к преобразованиям и наличия выстроенной системы мероприятий, ориентированных на обеспечение долгосрочного и перспективного развития АПК с использованием цифровых технологий.

Кроме того, при исследовании вопросов цифровой трансформации АПК нами было отмечено, что продукция сельского хозяйства в Новосибирской области формируется не только крупными товаропроизводителями, но К(Ф)Х и ЛПХ. Оценим долю каждой категории производителей исходя из статистических данных региона.

В среднем за последние 6 аналитических периодов ситуация примерно одинаковая, что говорит о неизменной роли малых форм хозяйствования (МФХ) в валовой продукции сельского хозяйства Новосибирской области.

Таким образом, при формировании индикаторов цифровой зрелости в динамическом рейтинге цифровой трансформации АПК необходимо уделить внимание и малым формам хозяйствования. В настоящее время методика рейтинга 1–4 кварталов 2023 г. не содержит показателей о готовности малых форм хозяйствования к цифровой трансформации. Однако, как показывает практика, именно малые формы хозяйствования зачастую не имеют возможности использования цифровых технологий.

Нами предлагается включение в методику показателя, отражающего степень вовлеченности МФХ в цифровую перестройку региона.

Для решения проблем с применением цифровых технологий небольшими производителями можно порекомендовать создание цифровых офисов и консультационных центров на базе районов области, а также проведение консультационных мероприятий, в том числе на базе Новосибирского государственного аграрного университета.

В настоящее время включение в методику показателей по ЛПХ нам представляется затруднительным, однако по К(Ф)Х это сделать вполне возможно, поскольку фермерские хозяйства при реализации продукции также отражают операции в государственных информационных системах.

Следует добавить, что в ходе проведения анализа было выявлено несколько проблем. Одна из них – открытость данных или их недостаточная прозрачность. Поскольку данные о деятельности и результатах оценки цифровой зрелости не являются общедоступными, это затрудняет процесс исследования, а также может вызвать сомнения и недоверие со стороны граждан, бизнеса и других заинтересованных сторон.

Затруднения возникли в том числе из-за интерпретации некоторых показателей «Динамического рейтинга цифровой трансформации АПК». Действительно, некоторые показатели, представляемые Минсельхозом и Минцифрой, могут быть подвержены различным трактовкам, что способно создавать недопонимание или споры. Например, несовпадение названия показателя «Процент неактуальных начислений на ЕПГУ» с его методикой расчёта под названием «Процент актуальных начислений на ЕПГУ».

Показатель «Потребность в обучении предприятий АПК», на наш взгляд, не способен отражать уровень цифровой зрелости, поскольку он демонстрирует текущие проблемы и вызовы, с которыми сталкивается предприятие на данный момент.

Для более точной интерпретации показателей, представляемых министерствами, необходимо обращать внимание на методологию расчётов, источники информации и контекст, в котором представлены данные.

В ходе реализации цифровой трансформации возникает множество проблем, поскольку данный опыт для России является новым, а сам процесс – неординарным.

При проведении исследования было выявлено, что существует необходимость в доработке набора показателей и методик оценки цифровой зрелости сельского хозяйства в целях наиболее точного определения уровня цифровой зрелости сельскохозяйственных предприятий и разработки мероприятий по повышению её уровня.

Кроме того, на фоне увеличившихся санкционных ограничений возросло значение рисков, препятствующих успешной цифровой трансформации отраслей. В условиях высокой неопределённости эффективность реализации поставленных задач во многом зависит от возможности адаптации к изменившимся условиям. Так, ведомствам, ответственным за обеспечение цифровой трансформации сельского хозяйства, необходимо уделить внимание вопросам кибербезопасности и защите данных в условиях санкций, чтобы предотвратить утечку конфиденциальной информации и блокировать кибератаки.

Особой проблемой в области цифровой зрелости в рамках цифровой трансформации является недостаток чёткого понимания того, что именно подразумевается под цифровой зрелостью и какие конкретные шаги необходимо предпринять для её достижения. Для многих сельскохозяйственных предприятий цифровая зрелость может считаться неясным понятием, что затрудняет успешную реализацию цифровой трансформации.

Дополнительным вызовом является нехватка у сотрудников сельхозпредприятий компетенций и навыков, необходимых для успешной цифровой трансформации. Многие сельскохозяйственные организации сталкиваются с отсутствием специалистов по цифровым технологиям, способных как разрабатывать и внедрять новые цифровые решения, так и владеть ими.



Помимо этого, распространённой проблемой является отсутствие стратегии цифровой трансформации у организаций, а также понимания того, какие конкретные цели должны быть достигнуты при её реализации. Без точного плана действий и измерения результатов цифровой трансформации организации могут столкнуться с рядом трудностей и неудачными попытками совершить цифровой рывок.

Наконец, одной из глобальных проблем является изменение цифровой культуры сельскохозяйственных организаций и устранение барьеров, мешающих использованию цифровых технологий: возникает сопротивление со стороны сотрудников, не желающих менять привычные способы работы и обучаться новому, что также может препятствовать успешной цифровой трансформации.

Для преодоления вышеперечисленных проблем необходим комплексный подход к разработке мероприятий со стороны органов государственного и местного управления, включающий развитие внутренних ресурсов и инноваций, укрепление международного партнерства с дружественными странами в сфере цифровых технологий и проведение соответствующих реформ в области образования и переквалификации кадров.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Банников С.А., Гарбузова Т.Г., Лосев А.Н. Цифровая зрелость сельского хозяйства: результаты исследований и методика оценки [Электронный ресурс] // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 10 (149). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-zrelost-selskogo-hozyaystva-rezultaty-issledovaniy-i-metodika-otsenki> (дата обращения: 09.03.2024).
2. Банных Г.А., Баранова М.Е. Режецкая А.И. Оценка цифровой зрелости регионов как инструмент цифровой трансформации государственного управления [Электронный ресурс] // Российские регионы в фокусе перемен: сб. докладов XVI Междунар. конф. Екатеринбург, 18–20 ноября 2021 г. В 2 т. Т. 2. – Екатеринбург: УМЦ УПИ, 2022. – С. 554–560. – URL: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/108788/1/978-5-91256-543-4\\_113.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/108788/1/978-5-91256-543-4_113.pdf) (дата обращения: 10.03.2024).
3. Стратегия цифровой трансформации: написать, чтобы выполнить / А.В. Бертяков, О.А. Виниченко, В.А. Витушкин [и др.]. – М.: РАНХиГС, 2021. – 184 с. – EDN: CJDDDR.
4. Жучков П.А. Механизмы управления цифровой трансформацией в Новосибирской области [Электронный ресурс] / Министерство цифрового развития и связи Новосибирской области. – Новосибирск, 2022. – URL: [https://digit.nso.ru/sites/digit.nso.ru/wodby\\_files/files/wiki/2022/03/2\\_zhuchkov\\_p.a.\\_doklad\\_itog\\_15.03.2022.pdf](https://digit.nso.ru/sites/digit.nso.ru/wodby_files/files/wiki/2022/03/2_zhuchkov_p.a._doklad_itog_15.03.2022.pdf) (дата обращения: 10.03.2024).
5. В Минсельхозе отметили лучшие регионы в сфере цифровой трансформации АПК [Электронный ресурс] / Министерство сельского хозяйства России: сайт. – 2024. – URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/v-minselkhoze-otmetili-luchshie-regiony-v-sfere-tsifrovoy-transformatsii-apk/> (дата обращения: 10.03.2024).
6. Томская область вошла в десятку лидеров рейтинга цифровой трансформации АПК [Электронный ресурс] / Министерство сельского хозяйства России: сайт. – 2023. – URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/tomskaya-oblast-voshla-v-desyatku-liderov-reytinga-tsifrovoy-transformatsii-apk/> (дата обращения: 08.03.2024).
7. Сельское хозяйство в Новосибирской области, сборник за период 2017– 2022 гг. [Электронный ресурс] / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Новосибирской области: сайт. – 2023. – URL: [https://54.rosstat.gov.ru/infuslugi\\_katalog\\_publications](https://54.rosstat.gov.ru/infuslugi_katalog_publications) (дата обращения: 10.03.2024).
8. Потапова Е. Обзор динамического рейтинга цифровой трансформации АПК [Электронный ресурс] / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Центр цифровой трансформации в сфере АПК. – 2024. – URL: <https://fs.cap.ru/file/W9O4T931WWQjFROhyuqAAD5UqqiLHtLH> (дата обращения: 10.03.2024).
9. На цифровую трансформацию АПК РФ в 2024 году выделят более 3 млрд руб. [Электронный ресурс] / ФГИС «Зерно». – 2024. – URL: <https://specagro.ru/news/202404/na-cifrovuyu-transformatsiyu-apk-rf-v-2024-godu-vydelyat-bolee-3-mlrd-rub-rossiyskaya> (дата обращения: 09.03.2024).

10. Халилова Г.Р., Кузнецова Д.В. Оценка цифровой зрелости российских предприятий // Цифровая экономика: проблемы и перспективы развития: сб. науч. ст. межр. науч.-практ. конф. Курск, 14–15 ноября 2019 г. В 2 т. Т. 2. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. – С. 226–231. – EDN: FBBHFL.
11. Новосибирский сервис для аграриев будет тиражироваться на всю страну [Электронный ресурс] / ЧС-Инфо. – 2023. – URL: <https://4s--info-ru.turbopages.org/4s-info.ru/s/2023/08/14/novosibirskij-servis-dlya-agrariyev-budet-tirazhirovatsya-na-vsyu-stranu/> (дата обращения: 10.03.2024).

## REFERENCES

1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-zrelost-selskogo-hozyaystva-rezultaty-issledovaniy-i-metodika-otsenki> (March 09, 2024). (In Russ.)
2. Banny`x G.A., Baranova M.E. Rezheczkaya A.I., *Rossijskie regiony` v fokuse peremen* (Russian Regions in the Focus of Change), Collection of Papers of the XVI International Conference Yekaterinburg, November 18-20, 2021. In 2 Vol. T. 2, Yekaterinburg: UMCz UPI, 2022, pp. 554–560, available at: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/108788/1/978-5-91256-543-4\\_113.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/108788/1/978-5-91256-543-4_113.pdf) (March 10, 2024). (In Russ.)
3. Bertyakov A.V., Vinichenko O.A., Vitushkin V.A. [i dr.], *Strategiya cifrovoj transformacii: napisat`, chtoby` vy`polnit`* (Digital transformation strategy: write to execute), Moscow: RANXiGS, 2021, 184 p., EDN: CJDDDR.
4. Zhuchkov P.A. *Ministerstvo cifrovogo razvitiya i svyazi Novosibirskoj oblasti*, Novosibirsk, 2022, available at: [https://digit.nso.ru/sites/digit.nso.ru/wodby\\_files/files/wiki/2022/03/2\\_zhuchkov\\_p.a.\\_doklad\\_itog\\_15.03.2022.pdf](https://digit.nso.ru/sites/digit.nso.ru/wodby_files/files/wiki/2022/03/2_zhuchkov_p.a._doklad_itog_15.03.2022.pdf) (March 10, 2024).
5. *Ministerstvo sel'skogo xozyajstva Rossii*, 2024, available at: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/v-min-selkhoze-otmetili-luchshie-regiony-v-sfere-tsifrovoy-transformatsii-apk/> (March 10, 2024).
6. *Ministerstvo sel'skogo xozyajstva Rossii: sayt*, 2023, available at: <https://mcx.gov.ru/press-service/regions/tomskaya-oblast-voshla-v-desyatku-liderov-reytinga-tsifrovoy-transformatsii-apk/> (March 08, 2024).
7. *Territorial'ny`j organ Federal'noj sluzhby` gosudarstvennoj statistiki po Novosibirskoj oblasti*, 2023, available at: [https://54.rosstat.gov.ru/infuslugi\\_katalog\\_publications](https://54.rosstat.gov.ru/infuslugi_katalog_publications) (March 10, 2024).
8. Potapova E. *Ministerstvo sel'skogo xozyajstva Rossijskoj Federaci; Centr cifrovoj transformacii v sfere APK*, 2024, available at: <https://fs.cap.ru/file/W9O4T931WWQjFROhyuqAAD5UqqiLHtLH> (March 10, 2024).
9. *FGIS "Zerno"*, 2024, available at: <https://specagro.ru/news/202404/na-cifrovuyu-transformaciyu-apk-rf-v-2024-godu-vydelyat-bolee-3-mlrd-rub-rossijskaya> (March 09, 2024).
10. Xalilova G.R., Kuzneczova D.V., *Cifrovaya e`konomika: problemy` i perspektivy` razvitiya* (Digital Economy: Problems and Development Prospects), Collection of scientific articles of the interregional Scientific-Practical Conference Kursk, November 14-15, 2019 in 2 vol. T. 2, Kursk: Yugo-Zapadny`j gosudarstvenny`j universitet, 2019, pp. 226–231, EDN: FBBHFL.
11. *ChS-Info*, 2023, available at: <https://4s--info-ru.turbopages.org/4s-info.ru/s/2023/08/14/novosibirskij-servis-dlya-agrariyev-budet-tirazhirovatsya-na-vsyu-stranu/> (March 10, 2024).



