

№2 (66)  
ИЮНЬ  
2024 г.

*Вестник*  
**НПК**  
*Верхневолжья*



**В НОМЕРЕ**

*Засорённость агрофитоценозов при разных технологиях возделывания в Нечернозёмной зоне России*

*Состояние ресурсов и объёмы добычи глухаря (Tetrao urogallus L.) в южной подзоне европейской тайги на примере популяционной группировки Тверской области*

*Пищевая и энергетическая ценность мышечной ткани бычков специализированных мясных пород в Приморском крае*

*Молекулярно-генетическая ревизия гребешков коллекторных хозяйств Крымского побережья Чёрного моря*





**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК АПК ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ»  
включён 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 (Перечень ВАК)**

№ п/п	Наименование издания	ISSN	Научные специальности и соответствующие им отрасли науки, по которым присуждаются ученые степени	Дата включения издания в Перечень
371.	Вестник АПК Верхневолжья	1998-1635	<b>4.1.1.</b> Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)	с 01.02.2022
			<b>1.5.20.</b> Биологические ресурсы (биологические науки) <b>4.2.2.</b> Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (биологические науки) <b>4.2.2.</b> Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (ветеринарные науки) <b>4.2.4.</b> Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки) <b>4.2.5.</b> Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (биологические науки) <b>4.2.5.</b> Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки) <b>4.3.1.</b> Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки) <b>4.3.2.</b> Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки)	с 29.03.2023
			<b>4.2.4.</b> Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки)	с 11.12.2023

Ссылка на Перечень ВАК (по состоянию на 10.06.2024 года)  
<https://vak.minobrnauki.gov.ru/uploader/loader?type=19&name=91107547002&f=23267>



**Учредитель:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет»

**Главный редактор**

**ГУСАР СВЕТЛАНА АЛЕКСАНДРОВНА** – ректор ФГБОУ ВО "Ярославский ГАУ", кандидат экономических наук, доцент (Ярославль, Россия)

**Заместитель главного редактора**

**МОРОЗОВ ВАДИМ ВЛАДИМИРОВИЧ** – первый проректор – проректор по научной работе и цифровой трансформации ФГБОУ ВО "Ярославский ГАУ", кандидат физико-математических наук (Ярославль, Россия)

**ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:**

**Акчурин Сергей Владимирович** – доктор ветеринарных наук, доцент (Москва, Россия)

**Антипова Татьяна Алексеевна** – доктор биологических наук, доцент (Истра, Россия)

**Баранова Надежда Сергеевна** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (пос. Караваяево, Костромская область, Россия)

**Беленков Алексей Иванович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Москва, Россия)

**Васильев Алексей Николаевич** – доктор технических наук, профессор (Москва, Россия)

**Власова Ольга Ивановна** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент (Ставрополь, Россия)

**Габидулин Вячеслав Михайлович** – доктор сельскохозяйственных наук (Оренбург, Россия)

**Гавриченко Николай Иванович** – ректор УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», доктор сельскохозяйственных наук, доцент (Витебск, Республика Беларусь)

**Голованова Ирина Леонидовна** – доктор биологических наук, старший научный сотрудник (пос. Борок, Ярославская область, Россия)

**Голубева Анна Ивановна** – доктор экономических наук, профессор (Ярославль, Россия)

**Готовский Дмитрий Геннадьевич** – доктор ветеринарных наук, доцент (Витебск, Республика Беларусь)

**Жигин Алексей Васильевич** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Москва, Россия)

**Загинайлов Владимир Ильич** – доктор технических наук, профессор (Москва, Россия)

**Ивенин Валентин Васильевич** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Нижегород, Россия)

**Калашникова Любовь Александровна** – доктор биологических наук, профессор (пос. Лесные Поляны, Московская область, Россия)

**Калинин Андрей Борисович** – доктор технических наук, доцент (Санкт-Петербург, Россия)

**Карпеня Михаил Михайлович** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент (Витебск, Республика Беларусь)

**Коновалов Александр Владимирович** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент (Ярославль, Россия)

**Косилов Владимир Иванович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Оренбург, Россия)

**Костюнина Ольга Васильевна** – доктор биологических наук (пос. Дубровицы, Московская область, Россия)

**Леонтьев Леонид Борисович** – доктор биологических наук, доцент (Москва, Россия)

**Маннапов Альфир Габдуллович** – доктор биологических наук, профессор (Москва, Россия)

**Маннапова Рамзия Тимергалеевна** – доктор биологических наук, профессор (Москва, Россия)

**Миринова Ирина Валерьевна** – доктор биологических наук, профессор (Уфа, Россия)

**Мосолов Александр Анатольевич** – доктор биологических наук (Волгоград, Россия)

**Николаев Владимир Анатольевич** – доктор технических наук, доцент (Ярославль, Россия)

**Новикова Татьяна Валентиновна** – доктор ветеринарных наук, доцент (Вологда, Россия)

**Орлов Павел Сергеевич** – доктор технических наук, доцент (Ярославль, Россия)

**Пронина Галина Иозеповна** – доктор биологических наук, доцент (Москва, Россия)

**Сафронов Сергей Леонидович** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент (Санкт-Петербург, Россия)

**Скворцова Елена Гамеровна** – кандидат биологических наук, доцент (Ярославль, Россия)

**Сквородин Евгений Николаевич** – доктор ветеринарных наук, профессор (Уфа, Россия)

**Сложенкина Марина Ивановна** – доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН (Волгоград, Россия)

**Слынько Елена Евгеньевна** – кандидат биологических наук, доцент (пос. Борок, Ярославская область, Россия)

**Смелик Виктор Александрович** – доктор технических наук, профессор (Санкт-Петербург, Россия)

**Спиридонов Геннадий Николаевич** – доктор биологических наук (Казань, Россия)

**Степанова Марина Вячеславовна** – доктор биологических наук (Москва, Россия)

**Тамарова Раиса Васильевна** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Ярославль, Россия)

**Тишанинов Николай Петрович** – доктор технических наук, профессор (Тамбов, Россия)

**Ткачева Ирина Сергеевна** – кандидат биологических наук (Москва, Россия)

**Федосеева Наталья Анатольевна** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент (Балашиха, Московская область, Россия)

**Хакимов Рамиль Тагирович** – доктор технических наук, доцент (Санкт-Петербург, Россия)

**Чугреев Михаил Константинович** – доктор биологических наук, доцент (Москва, Россия)

**Шмигель Владимир Викторович** – доктор технических наук, профессор (Ярославль, Россия)

**Щукин Сергей Владимирович** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Ярославль, Россия)

**Ятусевич Антон Иванович** – доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН (Витебск, Республика Беларусь)

**Редакция журнала:**

В. И. Дорохова – канд. экон. наук, доцент, ответственный секретарь

Е. А. Богословская – ведущий секретарь

А. В. Киселева – редактор-дизайнер, редактор-корреспондент

Ю. Д. Кононова – английский перевод

**Адрес учредителя, редакции и издателя:**

Россия, 150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, д.58.

**Телефоны:** (4852) 552-883 – главный редактор,

(4852) 943-746 – ответственный секретарь

**E-mail:** vestnik@yarcx.ru, e.bogoslovskaya@yarcx.ru

Отпечатано в типографии редакционно-издательского отдела ФГБОУ ВО "Ярославский ГАУ"

**Адрес типографии:**

Россия, 150042, Ярославль, Тутаевское шоссе, д. 58

**Подписано в печать:** 28 июня 2024 г.

Дата выхода в свет 17.07.2024 г.,

время по графику: 15-00, время фактическое: 15-00

**Тираж:** 1000 экз. Цена свободная.

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.

Журнал включен в базу данных международной информационной системы AGRIS, а также в РИНЦ.

Издание зарегистрировано: в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. **Свидетельство о регистрации:** ПИ №ФС77-28134 от 28 апреля 2007 г.

**The Founder:**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University"

**The Editor-in-chief**

**GUSAR SVETLANA ALEKSANDROVNA** – Rector of the FSBEI HE "Yaroslavl SAU", Candidate of Economic Sciences, Docent (Yaroslavl, Russia)

**The Deputy Editor-in-chief**

**MOROZOV VADIM VLADIMIROVICH** – First Vice-Rector – Vice-Rector for Scientific Work and Digital Transformation of the FSBEI HE "Yaroslavl SAU", Candidate of Physical and Mathematical Sciences (Yaroslavl, Russia)

**THE MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD**

**Akhurin Sergey Vladimirovich** – Doctor of Veterinary Sciences, Docent (Moscow, Russia)

**Antipova Tatyana Alekseevna** – Doctor of Biological Sciences, Docent (Istra, Russia)

**Baranova Nadezhda Sergeevna** – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor (Karavaevo, Kostroma Region, Russia)

**Belenkov Aleksey Ivanovich** – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor (Moscow, Russia)

**Vasilyev Aleksey Nikolaevich** – Doctor of Technical Sciences, Full Professor (Moscow, Russia)

**Vlasova Olga Ivanovna** – Doctor of Agricultural Sciences, Docent (Stavropol, Russia)

**Gabidulin Vyacheslav Mikhailovich** – Doctor of Agricultural Sciences (Orenburg, Russia)

**Gavrichenko Nikolay Ivanovich** – Rector of the Educational Establishment "Vitebsk Order of the Badge of Honor"

State Academy of Veterinary Medicine, Doctor of Agricultural Sciences, Docent (Vitebsk, Republic of Belarus)

**Golovanova Irina Leonidovna** – Doctor of Biological Sciences, Senior Research Officer (Borok, Yaroslavl Region, Russia)

**Golubeva Anna Ivanovna** – Doctor of Economic Sciences, Full Professor (Yaroslavl, Russia)

**Gotovskiy Dmitriy Gennadyevich** – Doctor of Veterinary Sciences, Docent (Vitebsk, Republic of Belarus)

**Zhigin Aleksey Vasilyevich** – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor (Moscow, Russia)

**Zaginailov Vladimir Ilyich** – Doctor of Technical Sciences, Full Professor (Moscow, Russia)

**Ivenin Valentin Vasilyevich** – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor (Nizhny Novgorod, Russia)

**Kalashnikova Lyubov Aleksandrovna** – Doctor of Biological Sciences, Full Professor (Lesnye Polyany, Moscow Region, Russia)

**Kalinin Andrey Borisovich** – Doctor of Technical Sciences, Docent (St. Petersburg, Russia)

**Karpenya Mikhail Mikhailovich** – Doctor of Agricultural Sciences, Docent (Vitebsk, Republic of Belarus)

**Konovalev Aleksandr Vladimirovich** – Doctor of Agricultural Sciences, Docent (Yaroslavl, Russia)

**Kosilov Vladimir Ivanovich** – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor (Orenburg, Russia)

**Kostyunina Olga Vasilyevna** – Doctor of Biological Sciences (Dubrovitsy, Moscow Region, Russia)

**Leontyev Leonid Borisovich** – Doctor of Biological Sciences, Docent (Moscow, Russia)

**Mannapov Alfir Gabdullovich** – Doctor of Biological Sciences, Full Professor (Moscow, Russia)

**Mannapova Ramziya Timergaleevna** – Doctor of Biological Sciences, Full Professor (Moscow, Russia)

**Mironova Irina Valeryevna** – Doctor of Biological Sciences, Full Professor (Ufa, Russia)

**Mosolov Aleksandr Anatolyevich** – Doctor of Biological Sciences (Volgograd, Russia)

**Nikolaev Vladimir Anatolyevich** – Doctor of Technical Sciences, Docent (Yaroslavl, Russia)

**Novikova Tatyana Valentinovna** – Doctor of Veterinary Sciences, Full Professor (Vologda, Russia)

**Orlov Pavel Sergeevich** – Doctor of Technical Sciences, Docent (Yaroslavl, Russia)

**Pronina Galina Iozepovna** – Doctor of Biological Sciences, Docent (Moscow, Russia)

**Safronov Sergey Leonidovich** – Doctor of Agricultural Sciences, Docent (St. Petersburg, Russia)

**Skvortsova Elena Gameraovna** – Candidate of Biological Sciences, Docent (Yaroslavl, Russia)

**Skovorodin Evgeniy Nikolaevich** – Doctor of Veterinary Sciences, Full Professor (Ufa, Russia)

**Slozhenkina Marina Ivanovna** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of RAS (Volgograd, Russia)

**Slyngo Elena Evgenyevna** – Candidate of Biological Sciences, Docent (Borok, Yaroslavl Region, Russia)

**Smelik Viktor Aleksandrovich** – Doctor of Technical Sciences, Full Professor (St. Petersburg, Russia)

**Spiridonov Gennadiy Nikolaevich** – Doctor of Biological Sciences (Kazan, Russia)

**Stepanova Marina Vyacheslavovna** – Doctor of Biological Sciences (Moscow, Russia)

**Tamarova Raisa Vasilyevna** – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor (Yaroslavl, Russia)

**Tishaninov Nikolay Petrovich** – Doctor of Technical Sciences, Full Professor (Tambov, Russia)

**Tkacheva Irina Sergeevna** – Candidate of Biological Sciences (Moscow, Russia)

**Fedoseeva Natalya Anatolyevna** – Doctor of Agricultural Sciences, Docent (Balashikha, Moscow Region, Russia)

**Khakimov Ramil Tagirovich** – Doctor of Technical Sciences, Docent (St. Petersburg, Russia)

**Chugreev Mikhail Konstantinovich** – Doctor of Biological Sciences, Docent (Moscow, Russia)

**Shmigel Vladimir Viktorovich** – Doctor of Technical Sciences, Full Professor (Yaroslavl, Russia)

**Shchukin Sergey Vladimirovich** – Candidate of Agricultural Sciences, Docent (Yaroslavl, Russia)

**Yatusevich Anton Ivanovich** – Doctor of Veterinary Sciences, Full Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (Vitebsk, Republic of Belarus)

**Journal editorial staff:**

V. I. Dorokhova – Candidate of Economic Sciences, Docent, the executive editor

E. A. Bogoslovskaya – the leading secretary

A. V. Kiseleva – the editor-designer, the editor correspondent

Yu. D. Kononova - English translation

**Address of the founder, editorial office, printing office:**  
Russia, 150042, Yaroslavl, Tutaevskoe Shosse, 58

**Phones number:**

+7 (4852) 552-883 – the editor-in-chief,

+7 (4852) 943-746 – the executive secretary

**E-mail:** vestnik@yarcx.ru, e.bogoslovskaya@yarcx.ru

**Printed** in printing house of publishing department of FSBEI HE "Yaroslavl SAU".

**Printing house address:** Russia, 150042, Yaroslavl, Tutaevskoe Shosse, 58

**Passed for printing:** 28.06.2024. **Printed:** 17.07.2024

**Time planned:** 15-00. **Actual time:** 15-00

**Circulation:** 1000 copies

**Price is uncontrolled**

**16+**

**The journal is included into the List of peer-reviewed scientific publications, in which the main scientific results of dissertations for the degrees of Candidate of Sciences and Doctor of Sciences should published.**

The journal is included in the database of the international information system AGRIS, as well as in the RSCI.

**The edition is registered** in Federal Agency of supervision of a compliance with law in sphere of mass communications and cultural heritage protection  
**The registration certificate:** ПИ ФС77-28134 from April, 28th, 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

- С. С. Иванова, А. М. Труфанов, С. В. Шукин, Р. Е. Казнин** Засорённость агрофитоценозов при разных технологиях возделывания в Нечернозёмной зоне России .....5  
**И. Л. Безгодова, В. В. Вахрушева, Е. Н. Прядильщикова** Возделывание суданской травы в моно- и бипосевах с однолетними культурами на кормовые цели в условиях Северо-Запада России .....15

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

- М. В. Головина, М. К. Чугреев, Н. В. Цепляева** Состояние ресурсов и объёмы добычи глухаря (*Tetrao urogallus* L.) в южной подзоне европейской тайги на примере популяционной группировки Тверской области .....24

### ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

- В. И. Косилов, В. В. Толочка, И. В. Миронова, Е. А. Никонова, Р. Г. Тимербулатова, Н. Н. Кадилов, О. В. Алексеев** Пищевая и энергетическая ценность мышечной ткани бычков специализированных мясных пород в Приморском крае .....31  
**Г. Э. Ализаде, Т. В. Новикова, Ю. А. Воеводина, Т. П. Рыжакина, С. В. Шестакова** Влияние специально обработанной воды на прирост живой массы и яйценоскость перепелов .....38  
**И. Н. Сычева, Е. В. Казакова, Е. С. Латынина, Д. В. Свистунов, Н. С. Артюхова** Использование пробиотиков для повышения продуктивных качеств сельскохозяйственных животных .....46  
**Е. В. Егорашина, Е. А. Буренок, Ю. В. Шереметьева** Анализ эпизоотического проявления рабической инфекции на территории Ярославской области .....54

### РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА И BIOTEХНОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

- Е. Е. Слынько, Е. Н. Белкин, С. В. Клишкин, А. Е. Автонов** Молекулярно-генетическая ревизия гребешков коллекторных хозяйств Крымского побережья Чёрного моря .....61  
**Е. Е. Слынько, Е. Н. Белкин, С. В. Клишкин** Эколого-генетическая стратегия адаптации некоторых инвазионных видов-гидробионтов .....68  
**Н. С. Баранова, А. А. Королев, Д. С. Казаков, А. А. Валавина** Оценка различных типов подбора в племенном заводе по разведению скота костромской породы СПК «Гридино» Костромской области .....76

### ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

- В. А. Николаев** Движение зерна между цилиндрами полуавтоматической роторной сушилки при прогреве ..85

### ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

- В. В. Шмигель, В. В. Жолудева, А. Д. Кутина** Инкубация икры осетра с использованием электростатического поля .....93  
**А. С. Угловский** Система управления движением мобильного робота .....98

### ЭКОНОМИКА

- В. В. Жолудева** Математико-статистическое моделирование структуры рабочей силы в Ярославской области .....109

### Трибуна молодых учёных

- С. В. Путинцева** Динамика весового роста ремонтных тёлочек при разной технологии молочного периода их выращивания .....115

- Предметный указатель .....122

## CONTENTS

### FARMING AND CROP PRODUCTION

- S. S. Ivanova, A. M. Trufanov, S. V. Shchukin, R. E. Kaznin** Weed Infestation of Agrophytocoenoses at Different Cultivation Technologies in the Non-Chernozem Zone of Russia .....5  
**I. L. Bezgodova, V. V. Vakhrusheva, E. N. Pryadilshchikova** Cultivation of Sudan Grass in Mono- and Bi-sowings with Annual Crops for Feed Purposes in the Conditions of North-West of Russia .....15

### BIOLOGICAL RESOURCES

- M. V. Golovina, M. K. Chugreev, N. V. Tseplyaeva** The State of Resources and Production Volumes of Capercaillie (*Tetrao urogallus* L.) in the Southern Subzone of the European Taiga on the Example of the Population Grouping of the Tver Region .....24

### VETERINARY SCIENCE AND ZOOTECHNICS

- V. I. Kosilov, V. V. Tolochka, I. V. Mironova, E. A. Nikonova, R. G. Timerbulatova, N. N. Kadirov, O. V. Alekseev** Nutritional and Energy Value of Muscle Tissue of Bulls of Specialized Meat Breeds in Primorsky Krai .....31  
**G. E. Alizadeh, T. V. Novikova, Yu. A. Voevodina, T. P. Ryzhakina, S. V. Shestakova** Effect of Specially Treated Water on Live Weight Gain and Egg Production of Quails .....38  
**I. N. Sycheva, E. V. Kazakova, E. S. Latynina, D. V. Svistunov, N. S. Artyukhova** Use of Probiotics to Increase the Productive Qualities of Farm Animals .....46  
**E. V. Egorashina, E. A. Burenok, Yu. V. Sheremetyeva** Analysis of Epizootic Manifestation of Rabies Infection on the Territory of the Yaroslavl Region .....54

### BREEDING, SELECTION, GENETICS AND BIOTECHNOLOGY OF ANIMALS

- E. E. Slynko, E. N. Belkin, S. V. Klimkin, A. E. Avtonov** Molecular Genetic Revision of the Scallops of Collector Farms of the Crimean Black Sea Coast .....61  
**E. E. Slynko, E. N. Belkin, S. V. Klimkin** Ecological and Genetic Adaptation Strategy of Some Invasive Hydrobiont Species .....68  
**N. S. Baranova, A. A. Korolev, D. S. Kazakov, A. A. Valavina** Evaluation of Different Types of Selection in the breeding farm for Kostroma Breed Cattle breeding at APC "Gridino" of the Kostroma Region .....76

### TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

- V. A. Nikolaev** Movement of Grain between the Cylinders of a Semi-Automatic Rotary Dryer during Heating .....85

### ELECTRICAL TECHNOLOGIES, ELECTRICAL EQUIPMENT AND POWER SUPPLY OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

- V. V. Shmigel, V. V. Zholudeva, A. D. Kutina** Incubation of Sturgeon Roe Using an Electrostatic Field .....93  
**A. S. Uglovskiy** Mobile Robot Motion Control System .....98

### ECONOMICS

- V. V. Zholudeva** Mathematical and Statistical Modeling of the Labor Force Structure in the Yaroslavl Region ....109

### TRIBUNE OF YOUNG SCIENTISTS

- S. V. Putinceva** Dynamics of Weight Growth of Replacement Heifers with Different Technologies of Prewearing Period of Their Rearing .....115

- Subject index** .....122

Научная статья  
 УДК 632.51:631.58(470.316)  
 doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.001

## ЗАСОРЁННОСТЬ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ ПРИ РАЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В НЕЧЕРНОЗЁМНОЙ ЗОНЕ РОССИИ

Светлана Степановна Иванова<sup>1</sup>, Александр Михайлович Труфанов<sup>2</sup>,  
 Сергей Владимирович Щукин<sup>3</sup>, Роман Евгеньевич Казнин<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия

<sup>1</sup>s.ivanova@yarcx.ru

<sup>2</sup>a.trufanov@yarcx.ru, ORCID 0000-0002-8815-2441

<sup>3</sup>s.shhukin@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-9718-9273

<sup>4</sup>kaznin@yarcx.ru

**Реферат.** Фитосанитарное состояние агрофитоценозов в части обилия сорных растений существенно влияет на их продуктивность и зависит от применяемых агротехнологий. В 2022–2023 гг. на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Нечернозёмной зоны России изучалось влияние различных по интенсивности систем обработки почвы, удобрений и гербицидов на изменение показателей обилия сорного компонента полевых фитоценозов овса и многолетних трав первого года пользования и их урожайность. По результатам исследований посева овса была установлена эффективность поверхностно-отвальной системы обработки почвы наравне с отвальной в контроле многолетних сорных растений (по численности – на уровне 2,9–4,5 шт./м<sup>2</sup>, массе – 0,9–5,3 г/м<sup>2</sup>). Использование систем удобрений с NPK способствовало снижению засорённости в среднем на 19,4% к концу вегетации культуры, а применение гербицида снизило её в 2,6 раза. В посеве многолетних трав ресурсосберегающие варианты обработки почвы имели преимущество перед отвальным к концу вегетационного периода – наблюдалось снижение численности сорных растений в среднем на 44,1%, сухой массы – в 2,2 раза. Использование вариантов удобрений с NPK повышало засорённость в 1,4–4,5 раза по сравнению с неудобренным фоном во второй половине вегетационного периода, а последствие гербицидов подавляло только малолетние сорные растения. В среднем по изучаемым факторам наибольшая урожайность была получена при использовании поверхностно-отвальной системы обработки почвы (зерна овса – 31,6 ц/га, зелёной массы многолетних трав – 369,2 ц/га), внесения соломы с NPK (овса – 45,7 ц/га, трав – 391,6 ц/га) и применения или последствие гербицидов (овса – 32,2 ц/га, трав – 351,5 ц/га). Таким образом, установлена целесообразность применения и последствие поверхностно-отвальной системы обработки почвы, внесения NPK совместно с соломой и гербицидов для эффективного контроля засорённости агрофитоценозов и получения существенной прибавки урожайности.

*Ключевые слова:* технологии возделывания, агрофитоценоз, овёс, многолетние травы, система основной обработки почвы, система удобрений, гербициды, засорённость, численность, сухая масса и состав сорных растений, урожайность

## WEED INFESTATION OF AGROPHYTOCOENOSES AT DIFFERENT CULTIVATION TECHNOLOGIES IN THE NON-CHERNOZEM ZONE OF RUSSIA

Svetlana S. Ivanova<sup>1</sup>, Aleksandr M. Trufanov<sup>2</sup>, Sergey V. Shhukin<sup>3</sup>, Roman E. Kaznin<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia

<sup>1</sup>s.ivanova@yarcx.ru

<sup>2</sup>a.trufanov@yarcx.ru, ORCID 0000-0002-8815-2441

<sup>3</sup>s.shhukin@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-9718-9273

<sup>4</sup>kaznin@yarcx.ru

**Abstract.** The phytosanitary state of agrophytocoenoses in terms of the abundance of weeds significantly affects their productivity and depends on the applied agricultural technologies. In 2022–2023 on the soddy-podzolic medium loamy soil of the Non-Chernozem zone of Russia, the influence of different intensity tillage

systems, fertilizers and herbicides on changes in the abundance of the weed component of field phytocenoses of oats and perennial grasses of the first year of use and their yield was studied. Based on the research findings of oat sowing, the effectiveness of the surface-moldboard tillage system was established on a par with the moldboard in the control of perennial weeds (in terms of numbers – at the level of 2.9–4.5 pcs./m<sup>2</sup>, weight – 0.9–5.3 g/m<sup>2</sup>). The use of fertilizer systems with NPK contributed to a reduction in weed infestation by an average of 19.4% by the end of the crop's growing season, and the use of a herbicide reduced it by 2.6 times. In the sowing of perennial grasses, resource-saving tillage systems had an advantage over moldboard tillage by the end of the growing season – there was a decrease in the number of weeds by an average of 44.1%, dry mass – by 2.2 times. The use of fertilizer variants with NPK increased weed infestation by 1.4–4.5 times compared to the nonfertilized ground in the second half of the growing season, and the aftereffect of herbicides suppressed only young weeds. On average, according to the studied factors, the highest yield was obtained when using a surface-moldboard tillage system (oat grains – 31.6 c/ha, green mass of perennial grasses – 369.2 c/ha), applying straw with NPK (oats – 45, 7 c/ha, grass – 391.6 c/ha) and the use or aftereffect of herbicides (oats – 32.2 c/ha, grass – 351.5 c/ha). Thus, the feasibility of the use and aftereffect of a surface-moldboard tillage system, the application of NPK together with straw and herbicides for effective control of weed infestation of agrophytocenoses and obtaining a significant increase in yield has been established.

**Keywords:** *cultivation technologies, agrophytocenosis, oats, perennial grasses, primary tillage system, fertilizer system, herbicides, weed infestation, number, dry weight and composition of weeds, yield*

**Введение.** Сорная растительность оказывает отрицательное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур, формирование её урожайности [1]. Сорняки приспособлены к условиям произрастания и успешно конкурируют с сельскохозяйственными растениями за все факторы жизни, они поглощают большое количество питательных элементов, способны иссушать пахотный слой, являются опасным источником распространения болезней и вредителей, при этом количественные потери в урожайности могут достигать 40% и более [2].

В современных условиях зачастую происходит прогрессирующее ухудшение фитосанитарного состояния агрофитоценозов сельскохозяйственных культур вследствие нарушения агротехники их возделывания [3; 4].

Одними из значимых агроприёмов технологий возделывания являются обработка почвы и система удобрений, которые способны не только существенно изменять свойства почвы [5; 6], но и регулировать численность сорных растений [7; 8; 9]. Однако сберегающие и минимальные системы обработки на фоне применения удобрений неоднозначно влияют на обилие сорного компонента агрофитоценозов [10; 11].

Многие исследователи отмечают, что в борьбе с сорной растительностью наиболее доступным является химический метод [12; 13; 14; 15; 16], однако он несёт существенные экологические риски [17; 18].

Таким образом, для успешного повышения продуктивности сельскохозяйственных растений за счёт снижения засорённости посевов необходимо совершенствовать агротехнологии возделывания. В то же время остаются открытыми вопросы комплексного влияния таких технологи-

ческих факторов, как системы обработки почвы, удобрений и защиты растений на обилие сорной растительности и урожайность в условиях Нечерноземья, что требует проведения исследований в данном направлении.

Поэтому целью работы было изучить влияние элементов агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур – систем обработки почвы, удобрений и защиты растений на засорённость и продуктивность их агрофитоценозов.

**Материалы и методы исследований.** Экспериментальная работа проводилась в многолетнем стационарном трёхфакторном полевом опыте Ярославского ГАУ в 2022–2023 гг. в посевах овса (сорт Кречет) и многолетних трав первого года пользования (клевер красный сорта Дымковский и тимофеевка луговая сорта Ярославская 11) [19]. Опыт был заложен в 1995 году на общей площади 1,2 га. В опыте изучаются четыре системы основной обработки почвы разной степени интенсивности (отвальная, поверхностная с рыхлением, поверхностно-отвальная, поверхностная), шесть систем удобрений (без удобрений, N<sub>30</sub>, солома + N<sub>30</sub>, солома, солома + NPK и NPK), две системы защиты растений (без гербицидов, с гербицидами). В 2022 году на соответствующих вариантах применялся гербицид Агритокс в норме 1,0 л/га, в 2023 году изучалось последствие (Агритокс – 2022 год, Деймос – 2021 год и др.). Площадь элементарной делянки 63 м<sup>2</sup>, повторность опыта – четырёхкратная. Определение количества, сухой массы и состава сорных растений осуществляли по методике Б. А. Смирнова, учёт урожая проводили сплошным методом, статистическая обработка полученных данных проводилась дисперсионным и корреляционно-регрессионным методом.

Согласно данным Ярославского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [20], вегетационный период 2022 года, по сравнению с многолетними наблюдениями, характеризовался повышенными температурами в среднем на 12,2% с меньшим количеством осадков (60% от нормы). Погодные условия 2023 года характеризовались пониженными температурами в июне и июле (на 6,7%) и повышенными – в мае и августе (на 6,9%), при этом был недобор осадков практически в течение всего вегетационного периода (70% от нормы), за исключением июля – осадков в данный месяц выпало в 2 раза больше нормы. В целом агрометеорологические условия были нетипичными, но удовлетворительно повлияли на рост и развитие овса и многолетних трав.

**Результаты.** В 2022 году под посевом овса общая численность сорных растений не имела существенных различий в зависимости от применяемых систем обработки почвы с тенденцией повышения на поверхностно-отвальной и поверхностной по сравнению с отвальной: при первом учёте – на 45,4 и 41,2%, при втором – на 60,1% соответственно (рис. 1а). Однако разница по биологическим группам была значительной. Использование обработок почвы без оборота пласта при первом учёте привело к достоверному повышению численности многолетних сорных растений на поверхностной с рыхлением в 2,2 раза, поверхностной – в 4,1 раза по сравнению с отвальной обработкой (при  $HCP_{05} = 1,8$ ), что говорит о нецелесообразности полного исключения вспашки из технологии возделывания. При втором учёте все варианты сберегающей обработки почвы способствовали достоверному повышению численности многолетников по сравнению с контролем – ежегодной отвальной системой обработки почвы (при  $HCP_{05} = 1,9$ ). Используемые в опыте системы удобрений разнонаправленно повлияли на численность сорных растений.

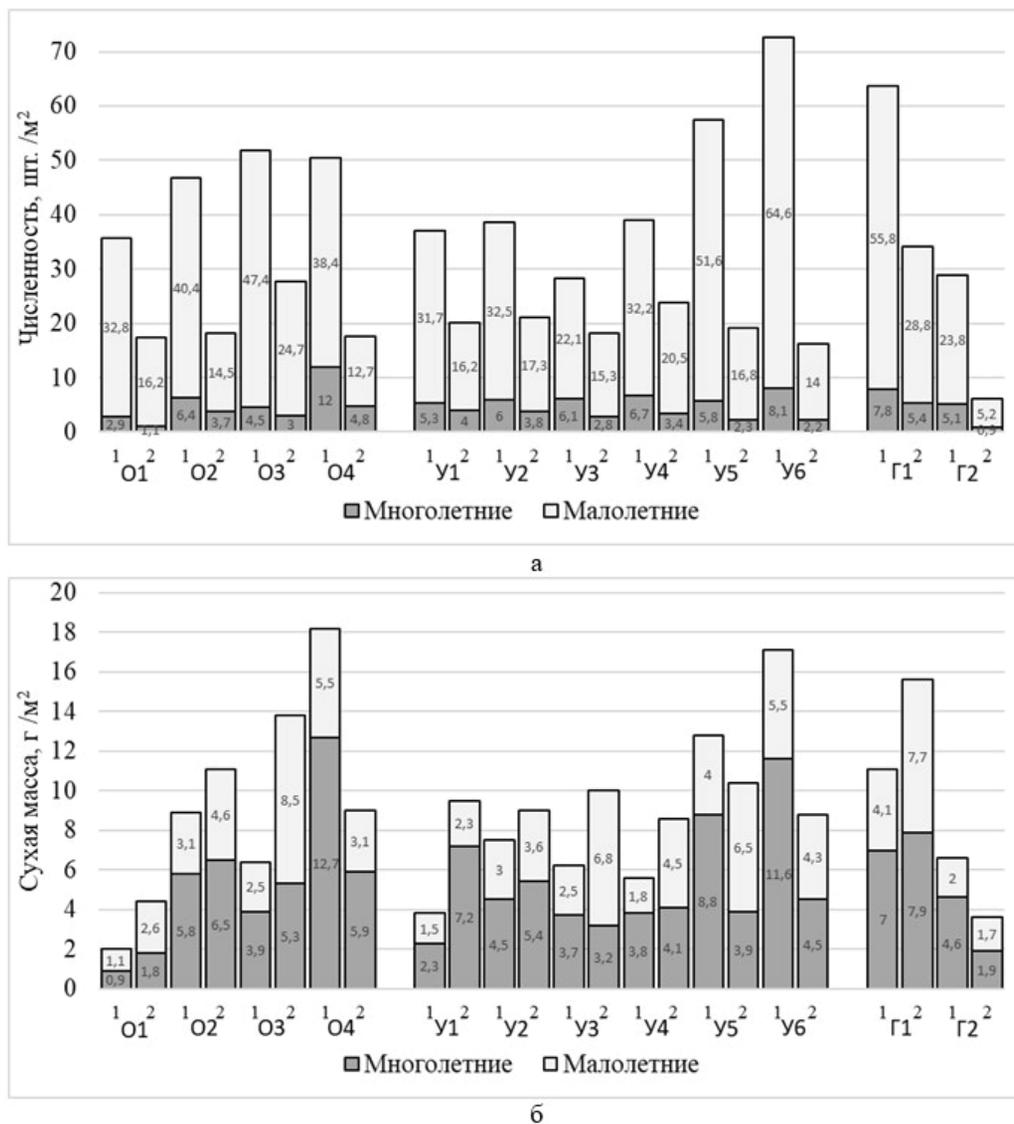
Так, экстенсивные варианты с невысокими дозами азотных удобрений ( $N_{30}$ , солома +  $N_{30}$ ) незначительно повышали показатель – в среднем на 7,1%, тогда как интенсивные варианты с применением полной нормы минеральных удобрений (солома + NPK и NPK) достоверно повышали численность малолетних видов сорных растений (в среднем в 1,8 раза) при первом учёте (при  $HCP_{05} = 5,6$ ), при этом вариант только с последствием соломы способствовал снижению численности сорных растений (в среднем на 24,2%). Обращает на себя внимание факт снижения численности как малолетних, так и многолетних сорных растений на интенсивных вариантах по сравнению с контролем к концу вегетации овса при втором учёте, в среднем, соответственно, на 5,2 и 73,9%, что говорит о стимулирующем действии

внесённых удобрений на сорные растения (только в начале вегетации), опережающих развитие культурных растений. Применение гербицида в посеве овса, а также последствие ранее внесённых гербицидов способствовало существенному снижению численности всех групп сорных растений по сравнению с вариантом без гербицида (при  $HCP_{05} = 1,8-2,0$  для многолетних сорных растений и  $0,8-2,5$  – для малолетних), независимо от срока учёта засорённости посева овса, в среднем в 2,8 раза, что подтверждает высокую эффективность данного агроприёма.

По отношению к показателю сухой массы закономерности, отмеченные по численности, несколько усилились (рис. 1б). Так, использование поверхностной с рыхлением и ежегодной поверхностной систем основной обработки почвы привело к достоверному повышению массы сорных растений при первом учёте в среднем в 6,8 раза и в 2,3 раза – при втором по сравнению с отвальной, что было характерно для группы многолетних видов (при  $HCP_{05} = 3,6$ ) и общей массы сорных растений (при  $HCP_{05} = 10,8$ ). Поверхностно-отвальная обработка с периодическим проведением вспашки была сравнима по эффективности с отвальной по отношению к многолетним видам сорных растений и уступала ей по отношению к малолетним. Внесение NPK как отдельно, так и совместно с соломой достоверно повышало сухую массу сорных растений по сравнению с неудобренным фоном, что отмечалось при первом учёте, особенно многолетних сорных растений (в среднем в 4,3 раза при  $HCP_{05} = 8,6$ ), однако к концу вегетации культуры различия с контролем стали незначительными, что вполне согласуется с динамикой численности сорных растений. Также как и в случае с численностью, сухая масса сорных растений в посеве овса существенно снижалась на варианте применения гербицидов – в среднем в 2,6 раза (при  $HCP_{05} = 1,7$  для многолетних сорных растений и  $0,5$  – для малолетних).

Таким образом, в 2022 году в посеве овса из изучаемых систем обработки почвы наиболее эффективными в снижении засорённости оказались ежегодная отвальная и поверхностно-отвальная обработки по отношению к контролю многолетних сорных растений. Использование соломы, а также вариантов систем удобрений с NPK, несмотря на повышение показателя в начале вегетации, способствовало снижению численности и массы сорных растений к концу вегетации культуры (при втором сроке учёта), обеспечив повышение конкурентоспособности растений овса. Применение гербицида более чем в 2 раза снижало показатели обилия всех групп сорных растений.

В 2023 году в посеве многолетних трав первого года пользования различные варианты систем

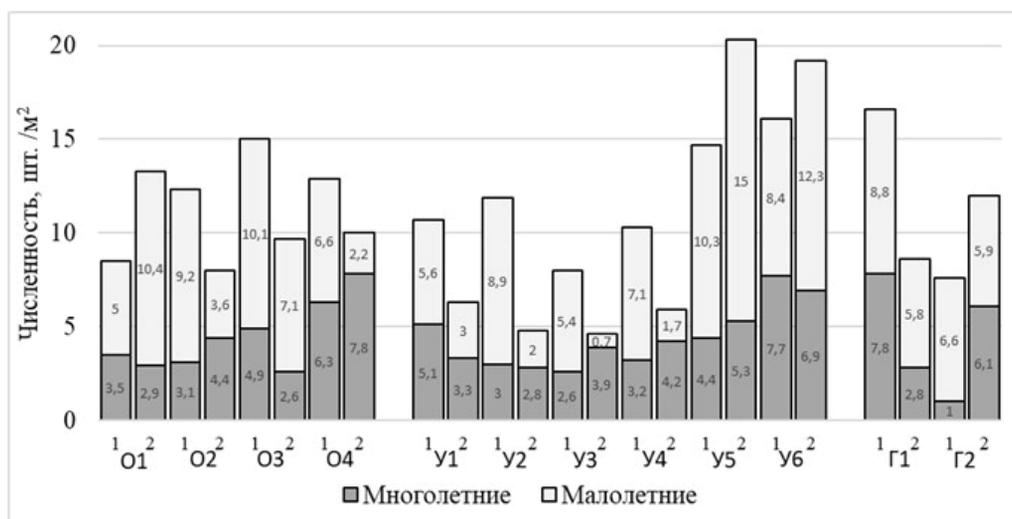


O1 – отвальная обработка; O2 – поверхностная с рыхлением; O3 – поверхностно-отвальная; O4 – поверхностная; U1 – без удобрений; U2 – N30; U3 – солома; U4 – солома + N30; U5 – солома + NPK; U6 – NPK; G1 – без гербицидов; G2 – с гербицидами.

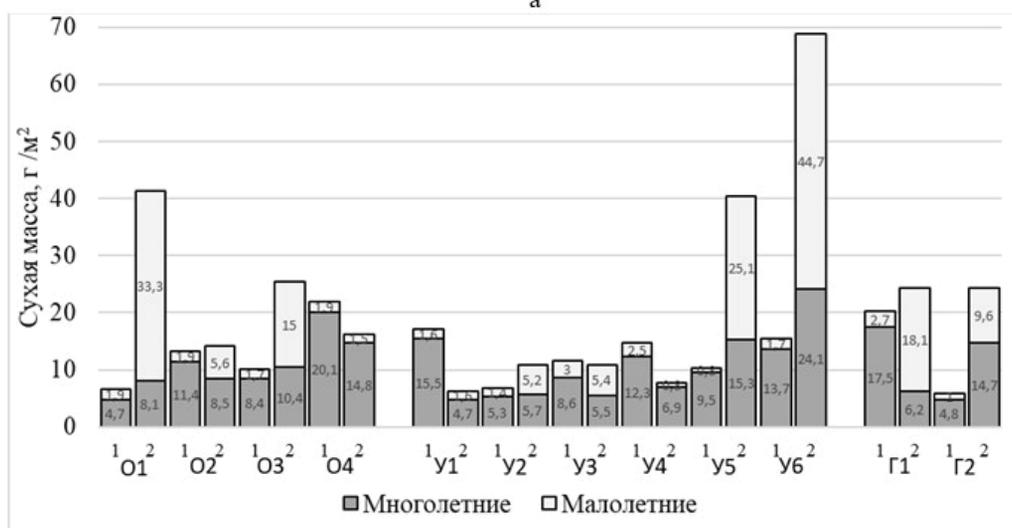
Рисунок 1 – Численность (а) и сухая масса (б) сорных растений в посеве овса 2022 года по срокам учёта (1 и 2) в среднем по изучаемым факторам

основной обработки почвы незначительно различались по влиянию как на численность, так и сухую массу сорных растений, что связано с практическим отсутствием механической обработки почвы в посевах трав, испытывалось только последствие различных её вариантов (рис. 2а и 2б). Однако стоит отметить тенденции изменения показателей обилия сорных растений на вариантах ресурсосберегающих обработок почвы по сравнению с отвальной. Так, при первом учёте численность имела динамику повышения в среднем на 56,5%, сухая масса – в 2,3 раза, но при втором учёте к концу вегетации трав тенденции изменились – наблюдалось снижение численности в среднем на 44,1%, сухой массы – в 2,2 раза. Это свидетельствует о

положительном последствии обработок почвы без проведения ежегодной вспашки на свойства почвы и развитие растений травосмеси. Влияние систем удобрений в 2023 году было схожим с 2022 годом – по сравнению с контролем внесение NPK как отдельно, так и в комплексе с соломой существенно повышало численность как малолетних (в среднем в 4,5 раза при  $HCP_{05} = 0,9$ ), так и многолетних (в среднем в 1,7 раза при  $HCP_{05} = 2,5$ ) сорных растений, то же отмечалось и по отношению к сухой массе (при  $HCP_{05} = 6,3$  и  $11,3$  для малолетних и многолетних сорных растений соответственно), особенно на фоне NPK. Однако, в отличие от 2022 года, достоверное увеличение показателей обилия сорных растений наблюдалось при втором



а



б

O1 – отвальная обработка; O2 – поверхностная с рыхлением; O3 – поверхностно-отвальная; O4 – поверхностная; Y1 – без удобрений; Y2 – N30; Y3 – солома; Y4 – солома + N30; Y5 – солома + NPK; Y6 – NPK; G1 – без гербицидов; G2 – с гербицидами.

Рисунок 2 – Численность (а) и сухая масса (б) сорных растений в посевах многолетних трав первого года пользования 2023 года по срокам учёта (1 и 2) в среднем по изучаемым факторам

учёте, что связано с проведением подкормок многолетних трав в течение вегетации.

Последствие гербицидов было положительным по отношению к малолетним видам сорных растений – на соответствующих вариантах численность (в среднем на 15,9%) и сухая масса (в среднем в 2 раза) сорных растений снижалась в посевах многолетних трав по сравнению с вариантами без их применения. Тогда как численность (при  $HCP_{05} = 2,1$ ) и масса (при  $HCP_{05} = 6,0$ ) многолетних видов к сроку второго учёта возрастала на гербицидных вариантах, что говорит о резистентности многолетников к последствию гербицидов.

Таким образом, в посевах многолетних трав первого года пользования системы основной об-

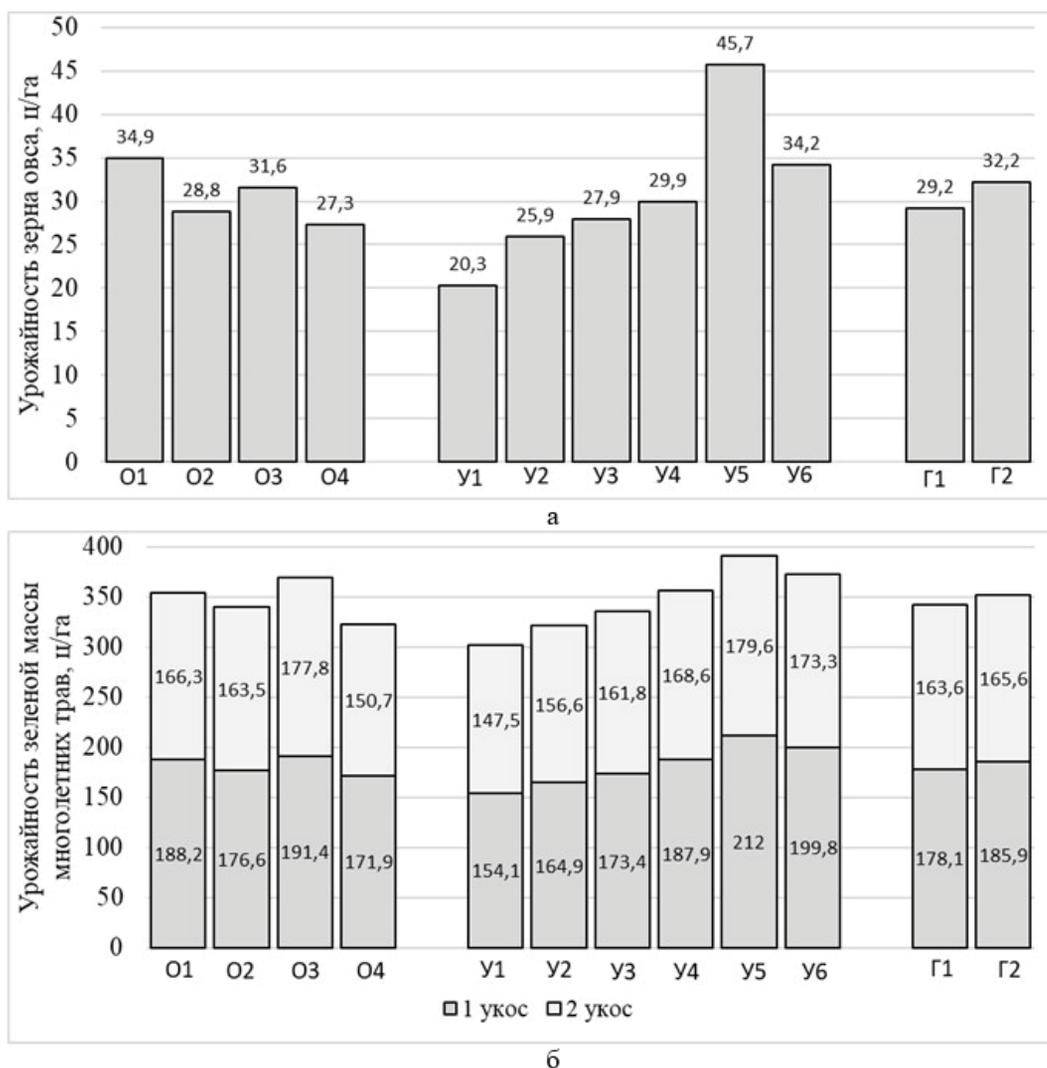
работки почвы существенно не отличались по эффективности подавления сорной растительности, при этом ресурсосберегающие варианты даже имели некоторое преимущество перед отвальными к концу вегетационного периода. Использование вариантов с NPK в качестве удобрения повышало как численность, так и сухую массу сорных растений, а последствие гербицидов способствовало существенному подавлению малолетних сорных растений.

В среднем за период исследований из малолетних яровых ранних сорных растений в опыте преобладали – горец вьюнковый (*Polygonum convolvulus*), горец птичий (*Polygonum aviculare*), марь белая (*Chenopodium album*),

торица полевая (*Spergula arvensis*), из зимующих – ромашка непахучая (*Tripleurospermum inodorum*). Многолетние сорные растения были преимущественно представлены следующими биологическими группами и видами: корнеотпрысковые – осот полевой (*Sonchus arvensis*), бодяк полевой (*Cirsium arvense*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), корневищные – хвощ полевой (*Equisetum arvense*), клубневые – чистец болотный (*Stachys palustris*), мочковатокорневые – подорожник большой (*Plantago major*), стержнекорневые – одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*).

В целом стоит отметить, что по численности в посевах овса заметно преобладали малолетние сорные растения (в среднем в 6 раз) по сравне-

нию с многолетними, тогда как по сухой массе они уступали многолетним видам на 38,5%, в посевах многолетних трав численность малолетников была выше уже всего в 1,5 раза, а сухая масса – ниже на 36,7%, при этом средние показатели численности сорных растений в посевах овса были выше, чем в посевах трав, в 2,4 раза, тогда как сухой массы – ниже в 2,0 раза. Также стоит заострить внимание на более сильном отрицательном влиянии многолетних сорных растений в полевом фитоценозе овса, что подтверждается корреляционным анализом. Так, установлена существенная отрицательная связь средней тесноты показателей обилия многолетних сорных растений с урожайностью овса: численности ( $r = -0,40$ ,  $r^2 = 0,16$ ,  $p = 0,004$ ) и сухой массы ( $r = -0,36$ ,  $r^2 = 0,13$ ,  $p = 0,01$ ). В то



O1 – отвальная обработка; O2 – поверхностная с рыхлением; O3 – поверхностно-отвальная; O4 – поверхностная; Y1 – без удобрений; Y2 – N30; Y3 – солома; Y4 – солома + N30; Y5 – солома + NPK; Y6 – NPK; Г1 – без гербицидов; Г2 – с гербицидами.

Рисунок 3 – Урожайность зерна овса в 2022 году (а) и зелёной массы многолетних трав в 2023 году (б) в среднем по изучаемым факторам

же время достоверной отрицательной корреляции засорённости с урожайностью многолетних трав установлено не было.

При анализе урожайности овса (2022 год) существенных изменений, при сравнении различных вариантов обработки почвы, обнаружено не было. Максимальное значение было получено по отвальной обработке почвы – 34,9 ц/га, при этом сберегающие системы способствовали тенденции снижения показателя (рис. 3а). Так, поверхностная с рыхлением – на 21,2%, поверхностная – на 27,8%, поверхностно-отвальная – в меньшей степени – на 10,4%. На всех изучаемых вариантах удобрений отмечалось достоверное увеличение урожайности овса (при  $HCP_{05} = 4,3$ ), по сравнению с контролем, с максимальным значением при внесении соломы с NPK – 45,7 ц/га, что было выше фона без удобрений на 25,4 ц/га, или в 2,3 раза. Прибавки урожая на остальных вариантах составили: при внесении азота – 27,6%, соломы – 37,4%, соломы с азотом – 47,3%, NPK – 68,5%. Внесение гербицида в период вегетации овса, несмотря на засушливую погоду, в среднем по системам обработки почвы и удобрений способствовало получению значительной прибавки урожая – на 3,0 ц/га, или на 10,3% по сравнению с вариантом без его применения (при  $HCP_{05} = 1,7$ ), что было связано с высокой его эффективностью в уничтожении сорных растений, о чём было сказано ранее.

Урожайность многолетних трав первого года пользования 2023 года (рис. 3б) существенно снижалась при поверхностной обработке по сравнению с отвальной при первом укосе (на 9,5% при  $HCP_{05} = 12,6$ ) и всего за два укоса (на 9,9% при  $HCP_{05} = 23,5$ ). При этом сочетания обработок несущественно отличались от контроля, однако при поверхностной с рыхлением наблюдалось снижение (на 4,2% по общей урожайности), тогда как

при поверхностно-отвальной отмечалось повышение (на 4,1%), что, в свою очередь, могло быть обусловлено снижением засорённости посева на данном варианте обработки.

Применение всех видов удобрений достоверно повышало урожайность первого укоса трав (при  $HCP_{05} = 7,4$ ) и за счёт этого и общей урожайности (при  $HCP_{05} = 17,3$ ) по сравнению с фоном без удобрений, однако максимальной прибавке способствовало внесение соломы совместно с NPK – первого укоса на 37,6%, второго укоса – на 21,8%, общей урожайности – на 29,8%.

Последствие гербицидов оказало положительный эффект на урожайность многолетних трав, причём количество их зелёной массы существенно увеличивалось при первом укосе (на 4,4% при  $HCP_{05} = 2,4$ ) и оставалось на уровне фона без гербицидов при втором укосе, однако в сумме способствовало значительной прибавке урожая (при  $HCP_{05} = 8,5$ ), несмотря на меньшую эффективность по отношению к многолетней сорной растительности.

Таким образом, для повышения урожайности овса и многолетних трав первого года пользования целесообразно использовать ресурсосберегающую поверхностно-отвальную обработку почвы на любых изучаемых фонах питания, особенно соломы с NPK, при внесении и последствии гербицидов.

**Выводы.** На основе представленных двухлетних исследований в технологиях возделывания овса и многолетних трав подтверждена целесообразность применения и последствия ресурсосберегающей комбинированной поверхностно-отвальной системы основной обработки почвы, внесения NPK отдельно и совместно с соломой и гербицидов для эффективного контроля засорённости агрофитоценозов и получения существенной прибавки урожайности.

#### Список источников

1. Мельникова О. В., Ториков В. Е., Осипов А. А. Изменение состава сорной растительности в агрофитоценозах при разных технологиях возделывания полевых культур в севообороте // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 6 (70). С. 15–21. EDN YPDCKL.
2. Яковлева С. В., Васильев А. С. Влияние удобрений и гербицидов на сорные растения и продуктивность посевов льна-долгунца в условиях Центрального Нечерноземья // Агрехимический вестник. 2020. № 2. С. 58–63. DOI 10.24411/1029-2551-2020-10025. EDN QJJDQV.
3. Ворников Д. В., Баздырев Г. И., Павликов А. А. Формирование агрофитоценозов полевых культур в степной зоне Среднего Поволжья // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2010. № 6. С. 7–17. EDN NBQKWR.
4. Морозов В. И., Тойгильдин А. Л., Подсевалов М. И. Флористический состав и динамика численности сорных растений агрофитоценозов в севооборотах лесостепной зоны Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4 (44). С. 102–109. DOI 10.18286/1816-4501-2018-4-102-109. EDN YTSMJF.
5. Смирнов Б. А., Воронин А. Н., Перегуда Т. И. [и др.] Агрофизические свойства почвы в зависимости от обработки и удобрений // Плодородие. 2007. № 3 (36). С. 25–26. EDN KTNMBT.

6. Исаичева У. А., Труфанов А. М., Смирнов Б. А. [и др.] Роль обработки, удобрений и защиты растений в управлении биологическими свойствами почвы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 5 (91). С. 30–33. EDN OXRVRH.

7. Безменко А. А., Князева И. В. Влияние систем обработки почвы и удобрений на изменение видового и количественного состава сорных растений в агрофитоценозах Владимирского ополья // Владимирский Земледелец. 2022. № 2 (100). С. 4–9. DOI 10.24412/2225-2584-2022-2-4-9. EDN RQYUIV.

8. Усанова З. И., Васильев А. С. Теория и практика создания высокопродуктивных посевов овса посевного в условиях Центрального Нечерноземья. Тверь : Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. 325 с. ISBN 978-5-91488-114-3. EDN UFOWOJ.

9. Беленков А. И., Ваганова Н. В., Иванова М. Ю. [и др.] Влияние обработки почвы и применения удобрений на динамику численности сорных растений в посевах многолетних трав // Кормопроизводство. 2022. № 1. С. 7–11. EDN RZCOAK.

10. Щукин С. В., Труфанов А. М., Чебыкина Е. В. Влияние ресурсосберегающих обработок на засоренность ячменя в условиях экологизации земледелия Нечерноземной зоны России // Органическое сельское хозяйство и агротуризм : материалы междунаро. науч.-практ. конф. в рамках междунаро. туристического форума «Агротуризм в России» (Улан-Удэ, 26–28 июня 2014 г.). Улан-Удэ : ФГБОУ ВПО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В. Р. Филиппова», 2014. С. 135–141. EDN SZFTLL.

11. Пакуль А. Л., Лапшинов Н. А., Пакуль В. Н., Божанова Г. В. Засоренность посевов яровой мягкой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50, № 3. С. 16–27. DOI 10.26898/0370-8799-2020-3-2.

12. Яковлева С. В., Васильев А. С., Вьюгин С. М. Регулирование фитосанитарного состояния агроценозов // Земледелие. 2012. № 1. С. 58–63. ISSN 0044-3913.

13. Gürbüz R., Alptekin H. The efficiency of some post-emergence herbicides for controlling problematic weeds of lawn areas // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2022. Vol. 183. No. 2. P. 159–168. DOI 10.30901/2227-8834-2022-2-159-168.

14. Симонов В. Ю., Симонова Е. А. Современные гербициды в зерновом агробиоценозе // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 5. С. 21–25. EDN TGZOIH.

15. Воронцов В. А., Скорочкин Ю. П. Продуктивность и экономическая эффективность зернопарового севооборота в зависимости от агротехнологий // Зернобобовые и крупяные культуры. 2024. № 1 (49). С. 97–104. DOI 10.24412/2309-348X-2024-1-97-104. EDN UIPXLT.

16. Бакаева Н. П., Васильев А. С., Захарова О. А. Эффективность гербицидной обработки от сорной растительности в интенсивной технологии возделывания ярового ячменя // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 1. С. 18–26. DOI 10.55170/1997-3225-2024-9-1-18-26. EDN OOWRKQ.

17. Мороховец В. Н., Басай З. В., Мороховец Т. В. [и др.] Результаты изучения последствия гербицидов Флекс и Фюзилад Форте, примененных в посевах сои на Юге Дальнего Востока // Вестник КрасГАУ. 2023. № 2 (191). С. 104–112. DOI 10.36718/1819-4036-2023-2-104-112. EDN TWFRQW.

18. Долганова Д. А., Коротченко И. С. Оценка фитотоксичности гербицидов // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2023. № 22-1. С. 123–126. DOI 10.14258/pbssm.2023023. EDN CYSTIF.

19. Иванова С. С., Соколов И. М., Труфанов А. М. Продуктивность кормовых трав в зависимости от технологий возделывания в Нечерноземной зоне // Вестник АПК Верхневолжья. 2024. № 1 (65). С. 13–20. DOI 10.35694/YARCX.2024.65.1.002. EDN QPPAХС.

20. Обзор агрометеорологических условий за 2022-2023 сельскохозяйственный год на территории Ярославской области. Ярославский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Ярославль, 2023. С. 26.

#### References

1. Mel'nikova O. V., Torikov V. E., Osipov A. A. Izmenenie sostava sornoj rastitel'nosti v agrofitocenoazah pri raznyh tehnologijah vzdelyvanija polevyh kul'tur v sevooborote // Vestnik Brjanskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii. 2018. № 6 (70). S. 15–21. EDN YPDCKL.

2. Yakovleva S. V., Vasil'ev A. S. Vlijanie udobrenij i gerbicidov na sornye rastenija i produktivnost' posevov l'na-dolgunca v uslovijah Central'nogo Nечernozem'ja // Agrohimičeskij vestnik. 2020. № 2. С. 58–63. DOI 10.24411/1029-2551-2020-10025. EDN QJJDQV.

3. Vornikov D. V., Bazdyrev G. I., Pavlikov A. A. Formirovanie agrofitocenzov polevyh kul'tur v stepnoj zone Srednego Povolzh'ja // Izvestija Timirjazevskoj sel'skohozjajstvennoj akademii. 2010. № 6. S. 7–17. EDN NBQKWR.

4. Morozov V. I., Tojgil'din A. L., Podsevalov M. I. Florističeskij sostav i dinamika čislennosti sornyh rastenij agrofitocenzov v sevooborotah lesostepnoj zony Povolzh'ja // Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj

sel'skhozjajstvennoj akademii. 2018. № 4 (44). S. 102–109. DOI 10.18286/1816-4501-2018-4-102-109. EDN YTSMJF.

5. Smirnov B. A., Voronin A. N., Pereguda T. I. [i dr.] Agrofizicheskie svojstva pochvy v zavisimosti ot obrabotki i udobrenij // Plodorodie. 2007. № 3 (36). S. 25–26. EDN KTNMBT.

6. Isaicheva U. A., Trufanov A. M., Smirnov B. A. [i dr.] Rol' obrabotki, udobrenij i zashhity rastenij v upravlenii biologicheskimi svojstvami pochvy // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 5 (91). S. 30–33. EDN OXRVRH.

7. Bezmenko A. A., Knyazeva I. V. Vlijanie sistem obrabotki pochvy i udobrenij na izmenenie vidovogo i kolichestvennogo sostava sornyh rastenij v agrofитоcенозах Владимирского опол'я // Vladimirsij Zemledec. 2022. № 2 (100). S. 4–9. DOI 10.24412/2225-2584-2022-2-4-9. EDN RQYUIV.

8. Usanova Z. I., Vasil'ev A. S. Teorija i praktika sozdanija vysokoproduktivnyh posevov ovsа posevnogo v uslovijah Central'nogo Nechernozem'ja. Tver' : Tverskaja gosudarstvennaja sel'skhozjajstvennaja akademija, 2014. 325 s. ISBN 978-5-91488-114-3. EDN UFOWOJ.

9. Belenkov A. I., Vaganova N. V., Ivanova M. Yu. [i dr.] Vlijanie obrabotki pochvy i primeneniya udobrenij na dinamiku chislenosti sornyh rastenij v posevah mnogoletnih trav // Kormoproizvodstvo. 2022. № 1. S. 7–11. EDN RZCOAK.

10. Shchukin S. V., Trufanov A. M., Chebykina E. V. Vlijanie resursoberegajushhij obrabotok na zasorennost' jachmenja v uslovijah jekologizacii zemledelija Nechernozemnoj zony Rossii // Organicheskoe sel'skoe hozjajstvo i agroturizm : materialy mezhdunarod. nauch.-prakt. konf. v ramkah mezhdunarod. turisticheskogo foruma «Agroturizm v Rossii» (Ulan-Udje, 26–28 ijunja 2014 g.). Ulan-Udje : FGBOU VPO «Burjatskaja gosudarstvennaja sel'skhozjajstvennaja akademija im. V. R. Filippova», 2014. S. 135–141. EDN SZFTLL.

11. Pakul' A. L., Lapshinov N. A., Pakul' V. N., Bozhanova G. V. Zasorennost' posevov yarovoj myagkoj pshenicy v zavisimosti ot sistemy obrabotki pochvy // Sibirskij vestnik sel'skhozjajstvennoj nauki. 2020. T. 50, № 3. S. 16–27. DOI 10.26898/0370-8799-2020-3-2.

12. Yakovleva S. V., Vasil'ev A. S., V'yugin S. M. Regulirovanie fitosanitarnogo sostojaniya agrocенозов // Zemledelie. 2012. № 1. S. 58–63. ISSN 0044-3913.

13. Gürbüz R., Alptekin H. The efficiency of some post-emergence herbicides for controlling problematic weeds of lawn areas // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2022. Vol. 183. No. 2. P. 159–168. DOI 10.30901/2227-8834-2022-2-159-168.

14. Simonov V. Yu., Simonova E. A. Sovremennye gerbicydy v zernovom agrobiocенозе // Vestnik Brjanskoj gosudarstvennoj sel'skhozjajstvennoj akademii. 2014. № 5. S. 21–25. EDN TGZOIH.

15. Vorontsov V. A., Skorochkin Yu. P. Produktivnost' i jekonomicheskaja jeffektivnost' zernoparovogo sevooborota v zavisimosti ot agrotehnologij // Zernobobovye i krupjanye kul'tury. 2024. № 1 (49). S. 97–104. DOI 10.24412/2309-348X-2024-1-97-104. EDN UIPXLT.

16. Bakaeva N. P., Vasil'ev A. S., Zakharova O. A. Jeffektivnost' gerbicidnoj obrabotki ot sornoj rastitel'nosti v intensivnoj tehnologii vozdeľvanija jarovogo jachmenja // Izvestija Samarskoj gosudarstvennoj sel'skhozjajstvennoj akademii. 2024. № 1. S. 18–26. DOI 10.55170/1997-3225-2024-9-1-18-26. EDN OOWRKQ.

17. Morokhovets V. N., Basaj Z. V., Morokhovets T. V. [i dr.] Rezul'taty izuchenija posledejstvija gerbicidov Fleks i Fjuzilad Forte, primenennyh v posevah soi na Juge Dal'nego Vostoka // Vestnik KrasGAU. 2023. № 2 (191). S. 104–112. DOI 10.36718/1819-4036-2023-2-104-112. EDN TWFRQW.

18. Dolganova D. A., Korotchenko I. S. Ocenka fitotoksichnosti gerbicidov // Problemy botaniki Juzhnoj Sibiri i Mongolii. 2023. № 22-1. S. 123–126. DOI 10.14258/pbssm.2023023. EDN CYSTIF.

19. Ivanova S. S., Sokolov I. M., Trufanov A. M. Produktivnost' kormovyh trav v zavisimosti ot tehnologij vozdeľvanija v Nechernozjomnoj zone // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. 2024. № 1 (65). S. 13–20. DOI 10.35694/YARCX.2024.65.1.002. EDN QPPAXC.

20. Obzor agrometeorologicheskijh uslovij za 2022-2023 sel'skhozjajstvennyj god na territorii Jaroslavskoj oblasti. Jaroslavskij centr po gidrometeorologii i monitoringu okruzhajushhej sredy. Jaroslavl', 2023. S. 26.

#### *Информация об авторах*

**Светлана Степановна Иванова** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spm-код: 6750-6090.

**Александр Михайлович Труфанов** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spm-код: 5673-4920.

**Сергей Владимирович Щукин** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spm-код: 2622-3345.

**Роман Евгеньевич Казнин** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 7630-1817.

*Information about the authors*

**Svetlana S. Ivanova** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 6750-6090.

**Aleksandr M. Trufanov** – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Professor of the Department of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 5673-4920.

**Sergey V. Shchukin** – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Department of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 2622-3345.

**Roman E. Kaznin** – Candidate of Agricultural Sciences, Senior lecturer at the Department of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 7630-1817.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Научная статья  
УДК 633.39  
doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.002

## ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ В МОНО- И БИПОСЕВАХ С ОДНОЛЕТНИМИ КУЛЬТУРАМИ НА КОРМОВЫЕ ЦЕЛИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

**Ирина Леонидовна Безгодова<sup>1</sup>, Вера Викторовна Вахрушева<sup>2</sup>,  
Елена Николаевна Прядильщикова<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Вологодский научный центр Российской академии наук, Вологда, Россия

<sup>1</sup>bezgodova64@mail.ru, ORCID 0000-0001-7003-4888

<sup>2</sup>vvesnina@mail.ru, ORCID 0000-0002-6331-8812

<sup>3</sup>lenka2305@mail.ru, ORCID 0000-0002-7410-2013

**Реферат.** Цель наших исследований – изучить продуктивность и питательную ценность агрофитоценозов, сформированных на основе малораспространённой культуры суданской травы в моно- и би-посевах на кормовые цели в условиях Северо-Запада России. Исследования проводились на опытном поле СЗНИИМЛПХ Вологодской области. Схема опыта включала 10 вариантов, в 3-кратной повторности. Исследования проводились в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. При уборке в первом укосе лучшими оказались смеси суданская трава + горох (вар. 2), суданская трава + вика (вар. 4 и 5), суданская трава + горох + овёс (вар. 7), суданская трава + вика + овёс (вар. 8), суданская трава + рапс яровой + овёс (вар. 9) и суданская трава + горох + вика + овёс (вар. 10). Они обеспечили существенное повышение урожайности – на 1,1–2,9 т/га СВ, или 30,5–84,3%. По продуктивным показателям с 1 га в первом укосе было получено 19,4–33,0 т зелёной массы, 2,8–5,0 тыс. кормовых единиц, 0,60–1,06 т сырого протеина, выход обменной энергии составил 34,2–63,0 ГДж. За сезон (включая второй укос) лучшим оказался одновидовой посев суданской травы «Чишминская ранняя». Урожайность у неё была высокой и составила 8,14 т/га СВ. По продуктивным показателям с 1 га за сезон было получено 28,2–44,9 т зелёной массы, 4,1–6,5 тыс. кормовых единиц, 0,75–1,16 т сырого протеина, выход обменной энергии составил 49,2–80,8 ГДж. Наибольшее содержание сырого протеина (20,9 и 21,3%) было получено в первом укосе смесей суданская трава + горох (40:60%) (вар. 3) и суданская трава + вика (40:60%) (вар. 5).

*Ключевые слова:* суданская трава, горох полевой, вика яровая, рапс яровой, овёс, ботанический состав, урожайность и питательность корма

## CULTIVATION OF SUDAN GRASS IN MONO- AND BI-SOWINGS WITH ANNUAL CROPS FOR FEED PURPOSES IN THE CONDITIONS OF NORTH-WEST OF RUSSIA

**Irina L. Bezgodova<sup>1</sup>, Vera V. Vakhrusheva<sup>2</sup>, Elena N. Pryadilshchikova<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia

<sup>1</sup>bezgodova64@mail.ru, ORCID 0000-0001-7003-4888

<sup>2</sup>vvesnina@mail.ru, ORCID 0000-0002-6331-8812

<sup>3</sup>lenka2305@mail.ru, ORCID 0000-0002-7410-2013

**Abstract.** The purpose of our research is to study the productivity and nutritional value of agrophytocoenoses formed on the basis of the orphan crop of Sudan grass in mono and bi-sowings for feed purposes in the conditions of the North-West of Russia. The researches were conducted on the experimental field of the NWRIDGF of the Vologda region. The experimental design included 10 variants, repeated 3 times. The researches were carried out in accordance with the guidelines for conducting field experiments at the All-Russian Research Institute of Feeds named after V.R. Williams. When harvesting in the first crop the best mixtures were Sudan grass + peas (var. 2), Sudan grass + vetch (var. 4 and 5), Sudan grass + peas + oats (var. 7), Sudan grass + vetch + oats (var. 8), Sudan grass + spring rape + oats (var. 9) and Sudan grass + peas + vetch + oats (var. 10). They provided a significant increase in yield by

1.1–2.9 t/ha DM or 30.5–84.3%. According to productive indicators 19.4–33.0 tons of green mass, 2.8–5.0 thousand feed units, 0.60–1.06 tons of crude protein were obtained from 1 hectare in the first crop, the yield of metabolic energy was 34.2–63.0 GJ. For the season (including the second crop) the single-species sowing of Sudan grass "Chishminskaya rannaya" turned out to be the best. Its yield was high and amounted to 8.14 t/ha DM. According to productive indicators, 28.2–44.9 tons of green mass, 4.1–6.5 thousand feed units, 0.75–1.16 tons of crude protein were obtained from 1 hectare per season, the yield of metabolic energy was 49.2–80.8 GJ. The highest crude protein content (20.9 and 21.3%) was obtained in the first crop of mixtures of Sudan grass + peas (40:60%) (var. 3) and Sudan grass + vetch (40:60%) (var. 5).

**Keywords:** *Sudan grass, field peas, spring vetch, spring rape, oats, botanical composition, yield and nutritional value of feed*

**Введение.** Основной задачей кормопроизводства является обеспечение потребностей животноводства высококачественными и недорогими кормами [1]. Проблема производства высококачественных кормов по-прежнему остаётся одной из самых серьёзных в мире [2]. Современное состояние производства кормов не удовлетворяет растущие потребности животноводства в высококачественных кормах. Чтобы увеличить производство кормов в этой области, необходимо постоянно совершенствовать структуру посевных площадей и осваивать новые технологии возделывания [3].

Создание прочной кормовой базы предполагает не только использование традиционных наборов кормовых культур и соблюдение технических требований к их выращиванию и уборке, но и расширение сферы применения за счёт внедрения новых перспективных видов и сортов с учётом потенциала биологического климата территории. Расширение ассортимента позволит повысить эффективность производства кормов в полевых условиях [4–6].

С экономической и биологической точки зрения редко встречающиеся виды растений обладают высокой способностью усваивать макро- и микроэлементы из труднодоступных почвенных соединений благодаря повышенной генетически детерминированной устойчивости к стрессовым (биологическим и абиотическим) факторам окружающей среды, различным структурным и метаболическим особенностям. В результате уровень производственных процессов в условиях недостаточного обеспечения основными факторами жизнедеятельности обычно выше уровня традиционной культуры [7].

Выбор кормовых культур должен соответствовать не только высоким экономическим требованиям, но и природным, климатическим и экономическим условиям зоны, а также опыту хозяйства, работающего в области животноводства [8].

Силосные культуры играют важную роль в создании устойчивой кормовой базы для скота. Суданская трава – это одна из самых ценных однолетних культур, которая успешно сочетает в себе

высокую урожайность и питательную ценность по объёму кормов, а также хорошую отавность [9].

Суданская трава – однолетнее растение, которое относится к семейству мятликовые (Poaceae), подсемейству просовидные (Panicoideae), род культуры – сорго (*Sorghum Pers.*). Распространённое ботаническое название – *Sorghum sudanense Stapf* [10–11].

Родиной суданской травы является Судан. В диком виде она произрастает в Африке, в долине Нила. В Россию её завезли в начале прошлого века [12].

Её выращивают как кормовое растение на всех континентах: в Западной Европе, Северной и Восточной Африке, Индии, Южной и Северной Америке, Австралии, на юге и юго-востоке Европейской части России, в Алтайском крае, на Дальнем Востоке, в Казахстане и на Украине [13–14].

Она занимает лидирующее место среди однолетних кормовых трав. В условиях степи даёт высокий урожай сена и зелёной массы. По урожайности сена превосходит другие однолетние кормовые культуры. При отличной агротехнике суданская трава за 2–3 укоса даёт 50–70, а то и 100 ц/га сена и 700–1000 ц/га – зелёной массы.

Химический состав характеризуется следующими показателями: 16% белка, 28% клетчатки, 2,9% жира, 43% экстракта без учёта азота. По содержанию белка сено суданской травы незначительно уступает сену люцерны. По содержанию жира и безазотистых экстрактов оно практически не отличается от сена однолетних трав и бобовых культур. Сено суданской травы содержит 9–10% белка. В 1 кг зелёной массы содержится 65–80 мг каротина. Коэффициент усвояемости белка составляет 60,8%, жира – 45,7%, экстракта без содержания азота – 73,4%, клетчатки – 69,1% [15].

Наиболее ценным хозяйственным качеством суданской травы является её высокая способность к росту после скашивания. Суданская трава не боится вытаптывания и может с успехом использоваться в качестве пастбищной культуры.

Изначально суданскую траву выращивали только на юге Европейской части СНГ. Позже, после изучения биологии и агротехники, эта куль-

тура была распространена в пяти регионах на севере и востоке страны. В настоящее время её выращивают для производства кормов в регионах Северного Кавказа, Украины, Белоруссии, Поволжья, Центрально-Чернозёмной зоны, Северного Казахстана, Сибири, республик Средней Азии и Дальнего Востока.

Традиционно суданскую траву выращивают для производства высококачественных кормов для скота, но в Индии и Китае её зерно уже давно используется в качестве ценного и питательного продукта. Из этой крупы готовят вкуснейшую кашу, а из муки высшего сорта выпекают лепёшки. Суданская трава очень полезна для диабетиков, поскольку обладает способностью регулировать количество сахара в крови. Кроме того, в суданской траве содержатся мощнейшие антиоксиданты (их количество в 12 раз больше, чем в чернике), которые помогают улучшить обменные процессы в организме, предотвращают старение и стимулируют синтез гемоглобина, аминокислот, белков и гормонов [16].

Суданская трава – теплолюбивое растение. Минимальная температура прорастания семян – 10–12°C, оптимальная – 20–30°C, а кратковременные заморозки в минус 3–4°C вредны для всходов растений. Интенсивный рост стеблей происходит, когда среднесуточная температура превышает 10–12°C.

В последние годы селекционерами страны выведены новые ранне- и среднеспелые высокоурожайные сорта суданской травы, характеризующиеся высокой интенсивностью формирования ассимиляционной поверхности, повышенным количеством листьев на главном стебле, быстрым отрастанием после скашивания и хорошими кормовыми качествами [17].

Однако при выращивании только одновидовых культур суданской травы невозможно обеспечить в достаточном количестве скота качественными кормами, сбалансированными по белку и сахару. Выращивание смешанных посевов зерновых с высоким содержанием углеводов и богатых белком бобовых культур является важным фактором для получения полноценного корма.

Смешанные посевы суданской травы с другими однолетними культурами в Вологодской области пока не изучались. Для животноводства выращивание суданки в смеси с однолетними культурами может стать источником высококачественных кормов. Предыдущие исследования, проведённые в разных частях страны, показали, что наилучшие показатели урожайности и питательной ценности были получены при выращивании суданской травы в смеси с однолетними культурами.

В исследованиях В. А. Агафонова, Е. В. Бояркина правильно подобранные смешанные посевы по-

зволяют получать сбалансированную в кормовом отношении продукцию. Смешанные посевы однолетних культур на силос, сенаж, сено и зелёный корм позволяют по сравнению с чистыми посевами увеличить сбор белка с 1 га на 15–30% [18].

В связи с этим возможность выращивать новые малоизученные культуры (суданская трава) в смешанных посевах с пелюшкой, викией яровой, рапсом яровым и овсом на кормовые цели представляет большой интерес для условий Северо-Запада России.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения белковой питательной ценности корма за счёт расширения посевов редко распространённой однолетней культуры – суданской травы – в условиях Северо-Запада России.

Научная новизна заключается в том, что впервые в условиях Северо-Запада России получены лучшие зерносмеси, которые созданы на основе малораспространённой однолетней культуры (суданской травы) в составе моно- и бипосевов, включая горох, вику, яровой рапс и овёс для получения устойчивых урожаев зелёной массы.

Целью данного исследования является изучение продуктивности и питательной ценности агрофитоценоза, сформированного на основе редко распространённой культуры – суданской травы – в одновидовом и смешанных посевах на кормовые цели в условиях Северо-Запада России.

В соответствии с данной целью были поставлены и выполнены следующие задачи:

- заложен полевой опыт с малораспространённой однолетней культурой – суданской травой – в моно- и бипосевах;
- изучены продуктивность и питательная ценность агрофитоценозов, сформированных на основе малораспространённой однолетней культуры – суданской травы.

**Материалы и методы.** Климат Вологодской области умеренно-континентальный. Лето короткое, зима продолжительная, но достаточно мягкая. В восточной части Вологодской области климат более суровый, разница в среднегодовых температурах достигает 3 градусов по Цельсию. Средние климатические данные составляют:

- количество безморозных дней в году составляет 120;
- количество дней со снежным покровом – 160;
- годовое количество осадков – 570 мм;
- среднемесячная температура февраля составляет –11,3°C;
- температура в июле составляет в среднем +17,4°C.

Максимальное количество осадков выпадает летом. В то же время испаряемость очень низкая, поэтому в этом регионе много болот. Водо-

хранилища обычно замерзают в ноябре и освобождаются ото льда в конце марта, но на самом деле, когда происходят определённые климатические аномалии (например, тёплые зимы), особенно в последние годы, эти показатели наблюдаются по всему Северо-Западу и отличаются даже на 1 месяц [19].

Погодные условия в период проведения исследований были различными. Май был тёплым и сухим. С 3 по 10 июня выпали обильные осадки, с 11 июня установилась сухая погода с небольшим количеством дождей. В июле было умеренно жарко с кратковременными дождями и грозами. В августе установилась жаркая и сухая погода. В сентябре в первой декаде осадков не было. Это повлияло на рост и развитие растений.

Научные исследования проводились на базе СЗНИИМЛПХ-ОП ФГБУН ВолНЦ РАН, в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов ВНИИ кормов имени В. Р. Вильямса [20]. Полученные экспериментальные данные обрабатывались методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [21].

Почва на испытательном участке осушенная, дерново-подзолистая, среднесуглинистая. Окulturенность участка средняя.

Схема эксперимента включала 10 вариантов, с 3-кратным повторением, площадь 1-й делянки составляла 14,0 м<sup>2</sup>. Расположение вариантов систематическое.

В полевых экспериментах высевались моно- и бипосевы в соотношении компонентов 40:60 и 60:40% двойных смесей, 50:30:20% тройных смесей и 40:20:20:20% четырёхкомпонентной смеси (табл. 1).

Исследование проводилось на следующих культурах и сортах: суданская трава Чишминская ранняя, горох полевой Вологодский усатый, вика

яровая Льговская-22, рапс яровой Бизон и овёс Яков.

Подготовка почвы включала зяблевую вспашку, 2-кратную весеннюю культивацию. Посев семян проводили сеялкой СН-16 ПМ. Перед посевом вносили минеральные удобрения в дозе (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>).

Образцы кормовых культур в период уборки на зелёную массу отбирались на ботанический состав и химический анализ.

Качественные показатели зелёной массы растений были определены в лаборатории химического анализа ЦКП «Северо-Западного НИИ молочного и лугопастбищного хозяйства имени А. С. Емельянова – обособленного подразделения ФГБУН ВолНЦ РАН» по общепринятым методикам. Сухое вещество, концентрация обменной энергии, содержание кормовых единиц и переваримого протеина рассчитывали по формулам.

Уборка зерносмесей на зелёный корм проводилась в фазу образования бобов у бобовых культур и стручков – у рапса ярового, выметывания – у овса и в первом укосе – в фазу начала выметывания и во 2-м укосе – в фазу цветения у суданской травы.

**Результаты и их обсуждение.** Ботанический состав изучаемых растений изменялся в зависимости от набора компонентов. В вариантах: суданская трава + горох (вар. 2), суданская трава + горох (вар. 3), суданская трава + вика (вар. 4), суданская трава + вика (вар. 5) с нормами высева (60:40 и 40:60%) преобладали бобовые культуры от 68,0 до 83,2%.

Содержание рапса ярового в посевах составило 25,8 и 59,9% (вар. 6, 9).

В смешанных посевах вариантов: суданская трава + горох + овёс (вар. 7), суданская трава + вика + овёс (вар. 8), суданская трава + рапс + овёс (вар. 9) и суданская трава + горох + вика +

Таблица 1 – Схема полевого опыта

Вариант	Норма высева	
	в %	в млн/га
1. Суданская трава (контроль)	100	2,5
2. Суданская трава + горох полевой	60:40	1,5:0,48
3. Суданская трава + горох полевой	40:60	1,0:0,72
4. Суданская трава + вика яровая	60:40	1,5:0,8
5. Суданская трава + вика яровая	40:60	1,0:1,2
6. Суданская трава + рапс яровой	60:40	1,5:1,2
7. Суданская трава + горох полевой + овёс	50:30:20	1,25:0,36:1,2
8. Суданская трава + вика яровая + овёс	50:30:20	1,25:0,6:1,2
9. Суданская трава + рапс яровой + овёс	50:30:20	1,25:0,9:1,2
10. Суданская трава + горох полевой + вика яровая + овёс	40:20:20:20	1,0:0,24:0,4:1,2

овёс (вар. 10) преобладали злаковые культуры от 46,9 до 53,3%.

По продуктивным показателям с 1 гектара в 1-м укосе было получено: 19,4–33,0 тонны зелёной массы, 2,8–5,0 тысяч кормовых единиц, 0,60–1,06 тонны сырого протеина, выход обменной энергии составил 34,2–63,0 ГДж (рис. 1).



Рисунок 1 – Смешанные посевы суданской травы с горохом полевым, викай яровой, рапсом яровым и овсом

По урожайности сухой массы в 1-м укосе выделились бобово-злаковые смеси: суданская трава + горох полевой (60:40%) (вар. 2), суданская трава + вика яровая (60:40%) (вар. 4), суданская трава + вика яровая (40:60%) (вар. 5), суданская трава + горох полевой + овёс (50:30:20%) (вар. 7), суданская трава + вика яровая + овёс (50:30:20%) (вар. 8), суданская трава + рапс яровой + овёс (50:30:20%) (вар. 9) и суданская трава + горох полевой + вика яровая + овёс (40:20:20:20%) (вар. 10), обеспечившие существенное повышение урожайности на 1,05–2,90 т/га, или 30,5–84,3%, в сравнении с контролем (суданской травой).



Рисунок 2 – Одновидовой посев суданской травы

Урожайность смешанных посевов вар. 3 и 6 была получена на уровне контрольного варианта.

По продуктивным показателям с 1 га во 2-м укосе было получено: 5,0–20,6 т зелёной массы, 0,9–3,6 тыс. кормовых единиц, 0,10–0,47 т сырого протеина, выход обменной энергии составил 10,0–46,2 ГДж.

Во втором укосе лучшим по урожайности сухой массы был одновидовой посев суданской травы сорта Чишминская ранняя. Продуктивность надземной биомассы в сухом состоянии была высокой и достигла 4,70 т/га сухого вещества (рис. 2).

За сезон по продуктивным показателям с 1 га было получено: 28,2–40,0 т зелёной массы, 4,1–6,5 тыс. кормовых единиц, 0,75–1,16 т сырого протеина, выход обменной энергии составил 49,2–80,8 ГДж (табл. 2).

За сезон по сбору протеина (1,09 и 1,16 т/га) выделились варианты 1 и 5 (одновидовой посев суданской травы) и смесь (суданская трава + вика яровая (40:60%)).

По урожайности сухой массы за сезон на уровне контроля оказались варианты 4 и 10. По данным статистической обработки, почти все смеси уступали по урожайности контролю – суданской траве (табл. 2).

Урожайность сухой массы одновидового и смешанных посевов в 1-м укосе была получена за счёт таких культур, как овёс, горох, вика и рапс яровой. Во втором укосе урожайность была получена за счёт суданской травы.

Проведённые исследования показали, что химический состав и питательная ценность сельскохозяйственных культур зависят от их видового состава (табл. 3).

Наибольшее содержание сырого протеина (20,9 и 21,3%) было получено в растительной массе бобово-злаковых смесей в 1-м укосе – суданская трава + горох (40:60%) (вар. 3) и суданская трава + вика (40:60%) (вар. 5).

Содержание клетчатки во всех вариантах опыта находилось в пределах 19,3–25,0%. Обменная энергия составила 9,9–10,8 МДж.

Наибольшее содержание сырого протеина (11,0, 11,3 и 11,5%) во втором укосе было у суданской травы + вика (60:40%) (вар. 4), суданской травы + вика (40:60%) (вар. 5) и суданской травы + рапс яровой + овёс (50:30:20%) (вар. 9).

Содержание клетчатки во всех вариантах опыта находилось в пределах 16,5–24,7%. Обменная энергия составила 9,8–11,0 МДж.

**Выводы.** При проведении исследований было установлено, что малораспространённую культуру – суданскую траву (сорт Чишминская ранняя) – можно успешно выращивать на кормовые цели в моно- и бипосевах с однолетними культурами (горох полевой сорта Вологодский усатый, вика яровая сорта Льговская-22, рапс яровой сорта Бизон и овёс сорта Яков) в условиях Северо-Запада России.

Таблица 2 – Продуктивность однолетних трав в моно- и бипосевах при уборке на кормовые цели

Вариант и норма высева, (%)	Урожайность, т/га			Сбор с 1 га		
	зелёная масса	сухое ве- щество	± к контр.	сырой протеин, т	ОЭ, ГДж	корм. ед., тыс.
<b>1-й укос</b>						
1. Суд. трава (100) – (контроль)	19,4	3,44	–	0,62	34,6	2,8
2. Суд. трава + горох (60:40)	25,6	4,49	+1,05	0,77	46,5	3,9
3. Суд. трава + горох (40:60)	29,0	4,21	+0,77	0,88	45,5	3,9
4. Суд. трава + вика (60:40)	32,8	5,41	+1,97	0,82	54,3	4,4
5. Суд. трава + вика (40:60)	33,0	4,97	+1,53	1,06	52,5	4,4
6. Суд. трава + рапс (60:40)	21,8	3,36	–0,08	0,60	34,2	2,8
7. Суд. трава + горох + овёс (50:30:20)	28,6	5,23	+1,79	0,89	53,9	4,4
8. Суд. трава + вика + овёс (50:30:20)	28,4	4,93	+1,49	0,81	50,8	4,2
9. Суд. трава + рапс + овёс (50:30:20)	23,0	4,82	+1,38	0,74	48,1	3,8
10. Суд. трава + горох + вика + овёс (40:20:20:20)	30,0	6,34	+2,90	0,86	63,0	5,0
НСР <sub>05</sub> 1,0						
<b>2-й укос</b>						
1. Суданская трава (100) – (контроль)	20,6	4,70	–	0,47	46,2	3,6
2. Суд. трава + горох (60:40)	13,1	2,50	–2,20	0,24	26,1	2,2
3. Суд. трава + горох (40:60)	7,9	1,51	–3,19	0,16	16,3	1,4
4. Суд. трава + вика (60:40)	12,1	2,24	–2,46	0,25	24,1	2,1
5. Суд. трава + вика (40:60)	5,0	0,92	–3,78	0,10	10,0	0,9
6. Суд. трава + рапс (60:40)	7,3	1,41	–3,29	0,15	15,0	1,3
7. Суд. трава + горох + овёс (50:30:20)	6,2	1,33	–3,37	0,13	14,3	1,2
8. Суд. трава + вика + овёс (50:30:20)	6,3	1,30	–3,40	0,14	14,3	1,3
9. Суд. трава + рапс + овёс (50:30:20)	5,2	1,08	–3,62	0,12	11,7	1,0
10. Суд. трава + горох + вика + овёс (40:20:20:20)	5,7	1,21	–3,49	0,12	13,0	1,1
НСР <sub>05</sub> 0,44						
<b>За сезон</b>						
1. Суданская трава (100) – (контроль)	40,0	8,14	–	1,09	80,8	6,4
2. Суд. трава + горох (60:40)	38,7	7,00	–1,14	1,01	72,6	6,1
3. Суд. трава + горох (40:60)	36,9	5,72	–2,42	1,04	61,8	5,3
4. Суд. трава + вика (60:40)	44,9	7,65	–0,58	1,07	78,4	6,5
5. Суд. трава + вика (40:60)	38,0	5,89	–2,25	1,16	62,5	5,3
6. Суд. трава + рапс (60:40)	29,1	4,77	–3,37	0,75	49,2	4,1
7. Суд. трава + горох + овёс (50:30:20)	34,8	6,56	–1,58	1,02	68,2	5,6
8. Суд. трава + вика + овёс (50:30:20)	34,7	6,23	–1,91	0,95	65,1	5,5
9. Суд. трава + рапс + овёс (50:30:20)	28,2	5,90	–2,24	0,86	59,8	4,8
10. Суд. трава + горох + вика + овёс (40:20:20:20)	35,7	7,55	–0,59	0,98	76,0	6,1
НСР <sub>05</sub> 1,03						

За период исследований посе́вы обеспечили получение с 1 га в первом укосе следующих продуктивных показателей: 19,4–33,0 т зелёной массы, 3,36–6,34 т сухого вещества, 2,8–5,0 тыс. кормовых единиц, 0,60–1,06 т сырого про-

теина, выход обменной энергии составил 34,2–63,0 ГДж.

При уборке на кормовые цели в первом укосе лучшими оказались смеси вариантов: 2, 4, 5 и с 7 по 10), которые обеспечили существенное повы-

Таблица 3 – Содержание питательных веществ и энергии в одновидовом и смешанных посевах в 1 кг СВ

№ п/п	Вариант и норма высева, (%)	сП, %	сКл, %	сЖ, %	БЭВ, %	ОЭ, МДж	ПП, %
<b>1-й укос</b>							
1.	Суданская трава (100) – (контроль)	18,0	22,8	3,1	46,0	10,0	12,9
2.	Суд. трава + горох (60:40)	17,2	22,3	3,4	49,4	10,4	12,2
3.	Суд. трава + горох (40:60)	20,9	19,3	4,0	46,6	10,8	15,5
4.	Суд. трава + вика (60:40)	15,1	23,6	2,8	50,6	10,0	10,4
5.	Суд. трава + вика (40:60)	21,3	20,5	3,4	45,6	10,6	15,8
6.	Суд. трава + рапс (60:40)	18,0	22,9	3,4	46,6	10,2	12,9
7.	Суд. трава + горох + овёс (50:30:20)	17,1	22,7	3,2	49,7	10,3	12,1
8.	Суд. трава + вика + овёс (50:30:20)	16,4	22,2	2,9	51,0	10,3	11,5
9.	Суд. трава + рапс + овёс (50:30:20)	15,3	25,0	3,0	50,1	10,0	10,6
10.	Суд. трава + горох + вика + овёс (40:20:20:20)	13,5	24,0	3,1	51,4	9,9	9,0
<b>2-й укос</b>							
1.	Суданская трава (100) – (контроль)	10,1	24,7	2,2	57,1	9,8	5,9
2.	Суд. трава + горох (60:40)	9,5	19,5	2,7	61,7	10,5	5,4
3.	Суд. трава + горох (40:60)	10,6	17,2	2,8	63,4	10,8	6,4
4.	Суд. трава + вика (60:40)	11,3	18,3	2,4	62,5	10,7	7,0
5.	Суд. трава + вика (40:60)	11,0	18,0	2,9	62,0	10,8	6,8
6.	Суд. трава + рапс (65:35)	10,9	19,2	2,6	61,4	10,6	6,6
7.	Суд. трава + горох + овёс (50:30:20)	9,6	17,7	2,7	64,0	10,7	5,5
8.	Суд. трава + вика + овёс (50:30:20)	10,9	16,5	2,9	64,0	11,0	6,7
9.	Суд. трава + рапс + овёс (50:30:20)	11,5	16,8	3,0	62,0	10,9	7,2
10.	Суд. трава + горох + вика + овёс (40:20:20:20)	10,2	17,6	3,0	63,0	10,8	6,1

шение урожайности – на 1,1–2,9 т/га СВ, что превысило контроль (одновидовой посев суданской травы) на 30,5–84,3%.

По продуктивным показателям с 1 га во 2-м укосе было получено: 5,0–20,6 т зелёной массы, 1,08–4,70 т сухого вещества, 0,9–3,6 тыс. кормовых единиц, 0,10–0,47 т сырого протеина, выход обменной энергии составил 10,0–46,2 ГДж. Лучшим оказался одновидовой посев суданской травы сорта Чишминская (4,70 т/га СВ).

За сезон по продуктивным показателям с 1 га было получено: 28,2–40,0 т зелёной массы, 4,77–

8,14 т сухого вещества, 4,1–6,5 тыс. кормовых единиц, 0,75–1,16 т сырого протеина, выход обменной энергии составил 49,2–80,8 ГДж. По урожайности сухой массы за сезон на уровне контроля оказались варианты 4 и 10. Остальные смеси уступали по урожайности контролю – суданской траве.

В первом укосе содержание сырого протеина в монопосеве составило 18%; в биопосевах 13,5–21,3%. Во втором укосе в одновидовом посеве содержание протеина было на уровне 10,1%, в биопосевах – с 9,5 до 11,5% соответственно.

#### Список источников

1. Ларетин Н. А. Основы устойчивого развития кормопроизводства // Кормопроизводство. 2011. № 11. С. 3–4. EDN OKGKFT.
2. Васин А. В., Брагин А. А., Васин В. Г. Продуктивность травосмесей при весеннем и летнем сроках посева // Актуальные вопросы агрономической науки в XXI веке : сб. науч. тр. Самара : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2004. С. 97–104. EDN VNAEID.
3. Володин А. Б., Капустин С. И., Саварцов М. А. Пути интенсификации полевого кормопроизводства в Ставропольском крае // Кормопроизводство. 2015. № 8. С. 3–6. EDN UDREFF.
4. Таранич Ю. В., Чувилина В. А. Агроэкологическое сортоиспытание суданской травы в условиях юга Сахалина // Кормопроизводство. 2015. № 8. С. 28–31. EDN UDREHN.
5. Безгодова И. Л., Коновалова Н. Ю. Влияние перспективных видов и сортов бобовых культур на ботанический состав, продуктивность и питательность однолетних смесей в условиях Европейского Севера России // АгроЗооТехника. 2022. Т. 5, № 4. С. 1–14. DOI 10.15838/alt.2022.5.4.2.

6. Коновалова Н. Ю., Безгодова И. Л., Коновалова С. С. Особенности технологии выращивания кормовых культур и заготовки кормов в условиях Европейского Севера Российской Федерации. Вологда : ВолНЦ РАН, 2018. 277 с.

7. Кшникаткина А. Н., Еськин В. Н., Петров Д. И. Формирование высокопродуктивных агроценозов кормовых культур с использованием адаптивных нетрадиционных растений // Нива Поволжья. 2008. № 3 (8). С. 35–38. EDN JSILNB.

8. Андреева О. Т., Сидорова Л. П., Харченко Н. Ю. [и др.] Перспективы использования бобовых культур в кормопроизводстве Забайкальского края // Кормопроизводство. 2015. № 10. С. 14–17. EDN UMRRUD.

9. Федоренко Н.А., Карпенко Е. Г., Чебоचाков Е. Я. Суданская трава на семена в Хакасии // Кормопроизводство. 2004. № 12. С. 25–28. ISSN 1562-0417.

10. Шатилов И. С., Мовсисянц А. П., Драненко И. А. и др. Суданская трава. М. : Колос, 1981. 205 с.

11. Harlan J. R., de Wet J.M.J. A simplified classification of cultivated sorghum // Crop Sciences. 1972. Vol. 12, Is. 2. P. 172–176. DOI 10.2135/cropsci1972.0011183X001200020005x.

12. Царицинский В. Г. История и перспективы возделывания суданской травы в Иркутской области // Вестник ИрГСХА. 2018. № 86. С. 57–63. EDN UUNYXC.

13. Пасыпанов Г. С., Долгодворов В. Е., Жеруков Б. Х. [и др.] Растениеводство / под ред. Г. С. Посыпанова. М. : КолосС, 2007. 612 с.

14. Безгодова И. Л., Вахрушева В. В., Прядильщикова Е. Н. [и др.] Выращивание суданской травы в одновидовом и смешанных посевах на зеленую массу в условиях Северо-Запада России // АгроЗооТехника. 2024. Т. 7, № 1. DOI 10.15838/alt.2024.7.1.4. EDN GSTFOG.

15. Антимонов А. К., Сыркина Л. Ф., Косых Л. А. [и др.] Селекционная ценность перспективных сортов суданской травы в ФГБНУ «Поволжский НИИСС» // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20, № 2-2 (82). С. 396–399. ISSN 1990-5378.

16. Шишова Е. А. Изучение исходного материала суданской травы для создания новых сорго-суданковых гибридов : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : специальность 06.01.05. Краснодар, 2021. 21 с.

17. Павлюк Н. Т., Булавский А. А., Свиридов Я. А. Влияние нормы высева и способов посева на урожайность суданской травы // Роль селекции в формировании агротехнологий для обеспечения стабильного производства зерна в условиях меняющегося климата : материалы Всерос. науч.-практ. конф. и заседания совета по земледелию Центрально-Черноземной зоны Отделения земледелия Россельхозакадемии (к 100-летию начала селекционно-семеноводческих работ в Каменной Степи), Каменная Степь, 15 июня 2011 года. Воронеж : Истоки, 2011. С. 221–223. EDN XXOLYT.

18. Агафонов В. А., Бояркин Е. В. Кормовое достоинство агроценозов суданской травы с бобовыми культурами в Предбайкалье // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.П. Филиппова. 2020. № 3 (60). С. 14–20. DOI 10.34655/bgsha.2020.60.3.002. EDN LTBDCD.

19. Прядильщикова Е. Н., Вахрушева В. В., Безгодова И. Л. [и др.] Сорты гороха, выведенные в Северо-Западном научно-исследовательском институте молочного и лугопастбищного хозяйства // Аграрный научный журнал. 2024. № 4. С. 56–62. DOI 10.28983/asj.y2024i4pp56-62. EDN SGNUWK.

20. Новоселов Ю. К. и [др.] Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М. : ВИК, 1983. 197 с.

21. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 5-е изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.

#### References

1. Laretin N. A. Osnovy ustojchivogo razvitija kormoproizvodstva // Kormoproizvodstvo. 2011. № 11. S. 3–4. EDN OKGKFT.

2. Vasin A. V., Bragin A. A., Vasin V. G. Produktivnost' travosmesej pri vesennem i letnem sroках poseva // Aktual'nye voprosy agronomicheskoy nauki v XXI veke : sb. nauch. tr. Samara : Samarskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija, 2004. S. 97–104. EDN VNAEID.

3. Volodin A. B., Kapustin S. I., Savartsov M. A. Puti intensivizacii polevogo kormoproizvodstva v Stavropol'skom krae // Kormoproizvodstvo. 2015. № 8. S. 3–6. EDN UDREFF.

4. Taranich Yu. V., Chuvilina V. A. Agroekologicheskoe sortoispytanie sudanskoj travy v uslovijah juga Sahalina // Kormoproizvodstvo. 2015. № 8. S. 28–31. EDN UDREHN.

5. Bezgodova I. L., Konovalova N. Yu. Vlijanie perspektivnyh vidov i sortov bobovyh kul'tur na botanicheskij sostav, produktivnost' i pitatel'nost' odnoletnih smesej v uslovijah Evropejskogo Severa Rossii // AgroZooTehnika. 2022. Т. 5, № 4. S. 1–14. DOI 10.15838/alt.2022.5.4.2.

6. Konovalova N. Yu., Bezgodova I. L., Konovalova S. S. Osobennosti tehnologii vyrashivaniya kormovyh kul'tur i zagotovki kormov v uslovijah Evropejskogo Severa Rossijskoj Federacii. Vologda : VolNC RAN, 2018. 277 s.

7. Kshnikatkina A. N., Es'kin V. N., Petrov D. I. Formirovanie vysokoproduktivnyh agrocenozov kormovyh kul'tur s ispol'zovaniem adaptivnyh netradicijnyh rastenij // Niva Povolzh'ja. 2008. № 3 (8). S. 35–38. EDN JSILNB.

8. Andreeva O. T., Sidorova L. P., Kharchenko N. Yu. [i dr.] Perspektivy ispol'zovanija bobovyh kul'tur v kormoproizvodstve Zabajkal'skogo kraja // Kormoproizvodstvo. 2015. № 10. S. 14–17. EDN UMRRUD.
9. Fedorenko N.A., Karpenko E. G., Chebochakov E. Ya. Sudanskaja trava na semena v Hakasii // Kormoproizvodstvo. 2004. № 12. S. 25–28. ISSN 1562-0417.
10. Shatilov I. S., Movsisyants A. P., Dranenko I. A. i dr. Sudanskaja trava. M. : Kolos, 1981. 205 s.
11. Harlan J. R., de Wet J.M.J. A simplified classification of cultivated sorghum // Crop Sciences. 1972. Vol. 12, Is. 2. P. 172–176. DOI 10.2135/cropsci1972.0011183X001200020005x.
12. Tsaritsinskij V. G. Istorija i perspektivy vozdeljvanija sudanskoj travy v Irkutskoj oblasti // Vestnik IrGSHA. 2018. № 86. S. 57–63. EDN UUNYXC.
13. Pasypanov G. S., Dolgodvorov V. E., Zherukov B. Kh. [i dr.] Rastenievodstvo / pod red. G. S. Posypanova. M. : KolosS, 2007. 612 s.
14. Bezgodova I. L., Vakhrusheva V. V., Pryadil'shchikova E. N. [i dr.] Vyrashhivanie sudanskoj travy v odnovidovom i smeshannyh posevah na zelenuju massu v uslovijah Severo-Zapada Rossii // AgroZooTehnika. 2024. T. 7, № 1. DOI 10.15838/alt.2024.7.1.4. EDN GSTFOG.
15. Antimonov A. K., Syrkina L. F., Kosykh L. A. [i dr.] Selekcionnaja cennost' perspektivnyh sortov sudanskoj travy v FGBNU «Povolzhskij NIIS» // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2018. T. 20, № 2-2 (82). S. 396–399. ISSN 1990-5378.
16. Shishova E. A. Izuchenie ishodnogo materiala sudanskoj travy dlja sozdaniya novyh sorgo-sudankovyh gibridov : avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk : special'nost' 06.01.05. Krasnodar, 2021. 21 s.
17. Pavlyuk N. T., Bulavskij A. A., Sviridov Ya. A. Vlijanie normy vyseva i sposobov poseva na urozhajnost' sudanskoj travy // Rol' selekcii v formirovanii agrotehnologij dlja obespechenija stabil'nogo proizvodstva zerna v uslovijah menjajushhegosja klimata : materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. i zasedanija soveta po zemledeliju Central'no-Chernozemnoj zony Otdelenija zemledelija Rossel'hoz akademii (k 100-letiju nachala selekcionno-semenovodcheskih rabot v Kamennomj Stepj), Kamennaja Step', 15 ijunja 2011 goda. Voronezh : Istoki, 2011. S. 221–223. EDN XXOLYT.
18. Agafonov V. A., Boyarkin E. V. Kormovoe dostoinstvo agrocenozov sudanskoj travy s bobovymi kul'turami v Predbajkal'e // Vestnik Burjatskoj gosudarstvennoj sel'skhozajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2020. № 3 (60). S. 14–20. DOI 10.34655/bgsha.2020.60.3.002. EDN LTBDC.
19. Pryadil'shchikova E. N., Vakhrusheva V. V., Bezgodova I. L. [i dr.] Sorta goroha, vyvedennye v Severo-Zapadnom nauchno-issledovatel'skom institute molochnogo i lugopastbishhnogo hozjajstva // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2024. № 4. S. 56–62. DOI 10.28983/asj.y2024i4pp56-62. EDN SGNUWK.
20. Novoselov Yu. K. i [dr.] Metodicheskie ukazaniya po provedeniju polevyh opytov s kormovymi kul'turami. M. : VIK, 1983. 197 s.
21. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta. 5-e izd., pererab. i dop. M. : Agropromizdat, 1985. 351 s.

#### *Сведения об авторах*

**Ирина Леонидовна Безгодова** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела растениеводства, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Вологодский научный центр Российской академии наук», spin-код: 6691-8063.

**Вера Викторовна Вахрушева** – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом растениеводства, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Вологодский научный центр Российской академии наук», spin-код: 6758-3000.

**Елена Николаевна Прядильщикова** – старший научный сотрудник отдела растениеводства Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Вологодский научный центр Российской академии наук», spin-код: 2320-0588.

#### *Information about the authors*

**Irina L. Bezgodova** – Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher at the Department of Plant Growing, Federal State Budgetary Institution of Science "Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences", spin-code: 6691-8063.

**Vera V. Vakhrusheva** – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Plant Growing, Federal State Budgetary Institution of Science "Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences", spin-code: 6758-3000.

**Elena N. Pryadilshchikova** – senior researcher at the Department of Plant Growing, Federal State Budgetary Institution of Science "Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences", spin-code: 2320-0588.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Научная статья  
УДК 639.125.1:574.3(470.331)  
doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.003

## **СОСТОЯНИЕ РЕСУРСОВ И ОБЪЁМЫ ДОБЫЧИ ГЛУХАРЯ (*TETRAO UROGALLUS* L.) В ЮЖНОЙ ПОДЗОНЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТАЙГИ НА ПРИМЕРЕ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ГРУППИРОВКИ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Мария Владимировна Головина<sup>1</sup>, Михаил Константинович Чугреев<sup>2</sup>,  
Наталья Валентиновна Цепляева<sup>3</sup>**

<sup>1, 2</sup>Федеральный научно-исследовательский центр развития охотничьего хозяйства,  
Москва, Россия

<sup>3</sup>Государственное опытное охотничье хозяйство «Селигер», Осташков, Россия

<sup>1</sup>mariya-golovina-90@mail.ru

<sup>2</sup>chugreev\_mk@mail.ru, ORCID 0000-0001-5876-8715

<sup>3</sup>ohota-gooh@mail.ru

**Реферат.** В статье анализируется состояние ресурсов глухаря в биоценозах южной подзоны европейской тайги на примере охотничьих угодий Тверской области. Изучены некоторые основные популяционные показатели. Приводятся данные о численности и плотности населения глухаря, многолетние средние значения численности и объёмов добычи. Показана динамика этих показателей. Дан расчёт абсолютной и относительной скорости изменения численности, представлена оценка ресурсов этого вида в натуральном и стоимостном выражении.

*Ключевые слова:* глухарь, ресурсы, динамика численности, динамика объёмов добычи, плотность населения, скорость роста

## **THE STATE OF RESOURCES AND PRODUCTION VOLUMES OF CAPERCAILLIE (*TETRAO UROGALLUS* L.) IN THE SOUTHERN SUBZONE OF THE EUROPEAN TAIGA ON THE EXAMPLE OF THE POPULATION GROUPING OF THE TVER REGION**

**Mariya V. Golovina<sup>1</sup>, Mikhail K. Chugreev<sup>2</sup>, Natalya V. Tseplyaeva<sup>3</sup>**

<sup>1, 2</sup>Federal Research Center for Development of Game Management, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Seliger State Experimental Hunting Farm, Ostashkov, Russia

<sup>1</sup>mariya-golovina-90@mail.ru

<sup>2</sup>chugreev\_mk@mail.ru, ORCID 0000-0001-5876-8715

<sup>3</sup>ohota-gooh@mail.ru

**Abstract.** The article analyzes the state of capercaillie resources in the biotic communities of the southern subzone of the European taiga on the example of the hunting areas of the Tver region. Some basic population indicators have been studied. Data on the number and density of the capercaillie population, long-term average values of the number and production volumes are given. The dynamics of these indicators is shown. The calculation of the absolute and relative rate of population change is given, and an assessment of the resources of this species in physical and monetary terms is presented.

*Keywords:* capercaillie, resources, population dynamics, production dynamics, population density, growth rate

**Введение.** Изучение и анализ состояния ресурсов любого вида охотничьих животных необходимо для: инвентаризации фауны, ведения и совершенствования системы мониторинга, составления

прогнозов, квотирования изъятия, оперативного реагирования в случаях негативных проявлений в природных популяциях и группировках. В конечном итоге все перечисленные аспекты востребо-

**Состояние ресурсов и объёмы добычи глухаря (*Tetrao urogallus* L.) в южной подзоне европейской тайги на примере популяционной группировки Тверской области**

ваны в деле сохранения биоразнообразия, и ещё более актуальными они становятся в условиях современного техногенного развития цивилизации. Особую важность эти вопросы приобретают, когда речь идёт о таких видах, как глухарь, то есть оседлых и в то же время активно используемых как традиционный объект охоты [1].

Возрождение и совершенствование систем инвентаризации, мониторинга и прогнозирования состояния биоресурсов вообще и животного мира в частности, в современных экологических, экономических и политических условиях обретает новые смыслы и ещё большую актуальность. Сегодня эти системы имеют замечательную возможность развиваться за счёт применения новых подходов, разработки и внедрения передовых методов, использования современных цифровых технологий и оборудования.

Без более-менее отчётливого представления о современном состоянии ресурсов любого вида диких животных и о характере изменений их состояния в ближайшей или отдалённой перспективе, т.е. не имея прогноза, рассуждать об управлении этими ресурсами или отдельными популяциями преждевременно.

Если говорить о прогнозировании, то основная проблема заключается в его точности. Повышение точности общего прогноза состояния популяции конкретного вида животных зависит от ряда составляющих: точности прогноза биологического состояния популяции, экологического состояния среды, характера антропогенной нагрузки на биоценоз и популяцию.

Снижение численности тетеревиных птиц происходит главным образом по причине трансформации мест их обитания [2]. В результате интенсивного хозяйственного освоения сокращаются площади пригодных для них угодий [3]. Основным фактором, вызывающим изменение среды обитания тетеревиных, являются сплошные концентрации рубки леса главного пользования [2; 4; 5].

Составление верного прогноза весьма значимо для контроля за состоянием популяций, оперативного принятия решений и своевременного проведения эффективных практических мероприятий при возникновении негативных явлений в популяции. Это могут быть изменения экологических параметров популяции, например, нарушения миграционной активности и характера миграций, половозрастной структуры популяции и пр.

Таким образом, проведение исследований в направлении изучения вопросов инвентаризации, мониторинга и прогнозирования состояния ресурсов глухаря нам представляется актуальным.

Актуальность настоящей работы также заключается в том, что она проводится в рамках

государственного задания № 051-00148-24-00 «Разработка и внедрение научно-обоснованной технологии репродукции особей глухаря в полувольных условиях с методологией содержания, разведения и воспроизводства для последующего выпуска в природу».

Цель исследований – проведение популяционного анализа группировки глухаря в биоценозах охотничьих угодий Тверской области на основании многолетних первичных данных прошедшего периода и оценка ресурсов этого вида.

В ходе исследований изучены некоторые основные популяционные показатели группировки глухаря в Тверской области за последние 12 лет; выполнена оценка ресурсов глухаря в натуральном и стоимостном выражении; проанализированы объёмы добычи; по результатам модельного эксперимента составлен прогноз состояния изучаемой группировки.

**Методика исследований.** В ходе исследований изучались следующие статические и динамические популяционные показатели: численность и плотность населения глухаря, многолетнее среднее значение численности и объёмов добычи, абсолютная и относительная скорости изменения численности популяции, коэффициент роста популяции, динамика численности и объёмов добычи.

Для объективности результатов и получения репрезентативных данных в ходе исследований обеспечивались условия: продолжительность наблюдений, систематика и сопоставимость данных, аналогичность методик, непрерывность получаемой информации.

Численность населения глухаря определялась методом зимнего маршрутного учёта (ЗМУ) [6]; плотность населения птиц рассчитывалась на общую территорию охотничьих угодий Тверской области по данным охотхозяйственного реестра.

Абсолютную скорость изменения численности популяции определяли по модели неограниченной одиночной популяции Мальтуса путём деления величины изменения числа особей в популяции за период времени на период времени, за который оно произошло (1) [7; 8].

Абсолютную скорость роста популяции определяли по формуле (1). Это значение показывает изменение численности в единицу времени, в данном случае – в 1 год.

$$V_{абс.} = \frac{dN}{dt}, \quad (1)$$

где  $V_{абс.}$  – абсолютная скорость изменения численности популяции;  $N$  – исходная численность популяции;  $dN$  – величина изменения числа особей в популяции за период времени;  $t$  – время;  $dt$  – период времени.

Относительную скорость роста популяции ( $V_{отн.}$ ) определяли как отношение абсолютной скорости роста к исходной численности (2) [9]:

$$V_{отн.} = \frac{V_{абс.}}{N}. \quad (2)$$

Коэффициент роста популяции за период равен отношению численности населения вида в конце периода ( $P_t$ ) к численности его населения в начале периода ( $P_0$ ).

$$K_{роста} = \frac{P_t}{P_0}. \quad (3)$$

Для проведения модельного эксперимента изменения данной популяции и определения прогнозируемой её численности использовали модель динамики популяции при ограниченных ресурсах Ферхюльста-Пирла [10]. Опираясь на результаты популяционного анализа многолетних первичных данных, сделали попытку определить вероятную численность глухарей в охотничьих угодьях Тверской области к 2060 году. Уравнение Ферхюльста-Пирла решали по формуле (4) [11].

$$N(t) = \frac{LN_0}{N_0 + (L - N_0)e^{-at}}, \quad (4)$$

где  $N(t)$  – численность популяции;  $L$  – это максимальная численность популяции, возможная при условии ограниченности ресурсов жизнедеятельности (ёмкость среды);  $N_0$  – начальная численность популяции;  $e$  – константа;  $a$  – удельный прирост;  $t$  – время.

**Результаты исследований.** На основании многолетних данных проведён популяционный анализ группировки глухаря в охотничьих угодьях Тверской области, изучены некоторые основные популяционные показатели, выполнен модельный эксперимент и на основании его результатов сделан прогноз о состоянии группировки глухаря до 2060 года.

Глухарь относится к семейству фазановых (Phasianidae Horsfield, 1821), подсемейству тетеревиных (Tetraonidae), отряду курообразных

(Galliformes), роду глухарей (Tetrao). Тетеревиные – это голарктическая группа, характеризующаяся специфическими морфологическими и сложными поведенческими адаптациями к холодной окружающей среде [12]. Обитает в хвойных, смешанных и лиственных лесах Евразии. В связи с активной вырубкой лесов значительно нарушаются токовища – естественные репродуктивные станции, сформировавшиеся в ходе эволюции.

По данным охотхозяйственного реестра, численность глухарей в 2023 г. на территории Российской Федерации составляла 4475312 особей, в Центральном федеральном округе – 100879 особей.

В охотничьих угодьях Тверской области численность глухарей в 2011 г. составляла 37392 особей, в 2023 г. – 26972 особей, т.е. за последние 12 лет она сократилась на 10420 особей (на 27,9%). Максимальная численность вида отмечалась в 2016 г. – 47516 особей, минимальная – в 2019 г. – 21525 особей. За изучаемый период, т.е. за последние 12 лет (с 2011 г. по 2023 г.) среднее значение численности глухарей в Тверской области составило 30000 особей. Плотность населения глухарей в 2011 г. составила 4,7 особей на 1000 га, а в 2023 г. – 3,4 особей на 1000 га охотничьих угодий. Максимальная плотность наблюдалась в 2016 г. и составила 5,8 особей на 1000 га, минимальная – в 2019 г. – 2,7 особей на 1000 га охотничьих угодий.

В период с 2011 г. по 2015 г. происходило постепенное сокращение численности глухарей с 37392 особей до 23830 особей (табл. 1, рис. 1). В 2016 г. отмечено резкое увеличение численности до 47516 особей. За последующие три года происходило снижение численности, и в 2020 г. она составила 25460 особей. В период с 2021 г. по 2023 г. отмечены незначительные колебания численности глухаря: с 25000 особей до 30000 особей.

Резкий рост численности в 2016 г., вероятно, можно объяснить тем, что в предшествующем ему 2015 г. численность кабана и хищников (лисицы

Таблица 1 – Динамика численности и объёма добычи глухаря в Тверской области (особей)

Год												
2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Численность												
37392	30131	28300	27900	23830	47516	38127	30544	21525	25460	25460	29823	26972
Объём добычи												
435	435	н.д.*	146	635	452	418	548	н.д.*	582	549	658	н.д.*

Примечание: \* – нет данных.

### Состояние ресурсов и объёмы добычи глухаря (*Tetrao urogallus* L.) в южной подзоне европейской тайги на примере популяционной группировки Тверской области

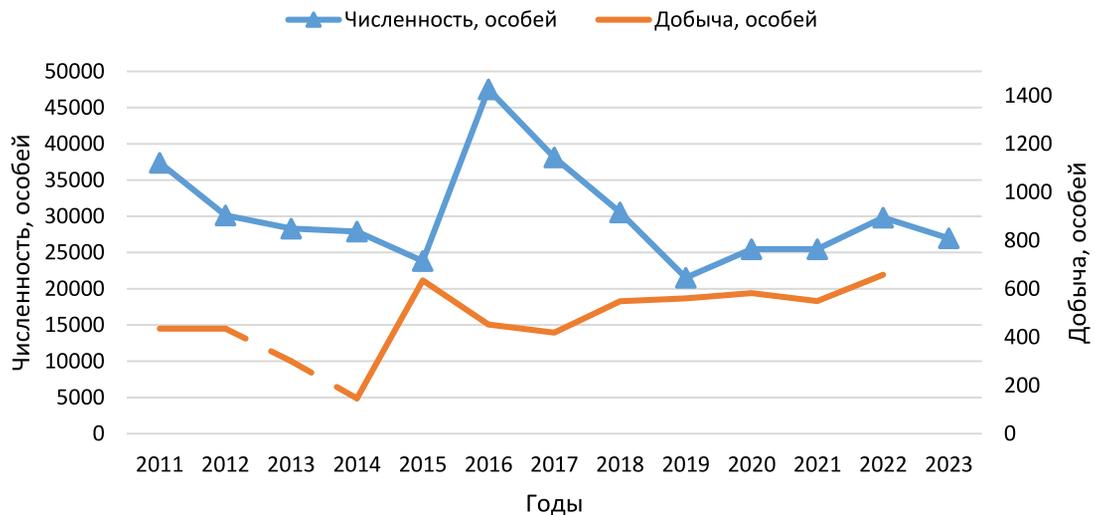


Рисунок 1 – Динамика численности и объёмов добычи глухаря в охотничьих угодьях Тверской области

и енотовидной собаки) была на низком уровне (табл. 2, рис. 2).

Абсолютную скорость роста популяции за изучаемый период с 2011 г. по 2023 г. определяли по формуле (1). Это значение показывает изменение численности в единицу времени, в данном случае – в 1 год.

$$dN = 37392 - 26972 = 10420 \text{ особ.};$$

$$V_{абс.} = \frac{10420}{13} = 802 \text{ особ./год.}$$

Исходя из расчётов, видно, что абсолютная скорость роста популяции глухаря в Тверской области за период с 2011 г. по 2023 г. составила 802 особи в год.

Значение относительной скорости роста показывает изменение численности особей в популяции в единицу времени, в данном случае – в 1 год, в расчёте на одну особь. Относительную скорость роста популяции ( $V_{отн.}$ ) определяли как отношение абсолютной скорости роста к исходной численности (формула 2):

$$V_{отн.} = \frac{802}{37392} = 0,02 \text{ особ./год.}$$

Расчёты показывают, что относительная скорость роста популяции глухаря в Тверской области за период с 2011 г. по 2023 г. составила 0,02 особи в год в расчёте на одну особь.

Коэффициент роста популяции (формула 3) за период времени с 2011 г. по 2023 г. составил 0,72:

$$K_{роста} = \frac{26972}{37392} = 0,72.$$

Объёмы добычи глухаря в Тверской области в сезоны охоты 2011–2012 гг. и 2012–2013 гг. составили 435 особей (табл. 1, рис. 1). В сезон охоты 2013–2014 гг. данные по добыче отсутствуют, в сезон 2014–2015 гг. наблюдалось резкое снижение объёмов добычи до 146 особей. Затем произошло его увеличение в 4 раза, и в сезон 2015–2016 гг. объёмы добычи глухаря составили 635 особей. На протяжении последних 8 лет они держались на уровне 400–600 особей. В сезон 2022–2023 гг. объёмы добычи глухаря в Тверской области составили 658 особей.

С целью составления прогноза о состоянии популяционной группировки глухаря был поставлен модельный эксперимент. Для решения уравнения Ферхюльста-Пирла приняли условие, что начальная численность популяции – это показатель численности исследуемой группировки глухаря в Тверской области на 2011 г. – 37392 особей. Значение показателя ёмкости среды в 50000 особей приняли исходя из максимального значения численности глухаря за изучаемый период, оно составило 47516 особей.

Таблица 2 – Динамика численности хищников в Тверской области (особей)

Вид охотничьего ресурса	Год					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Кабан	15952	2200	1623	1922	11658	3123
Лисица	6176	3200	3739	1775	3856	2326
Енотовидная собака	14273	10104	10149	5871	4691	6448

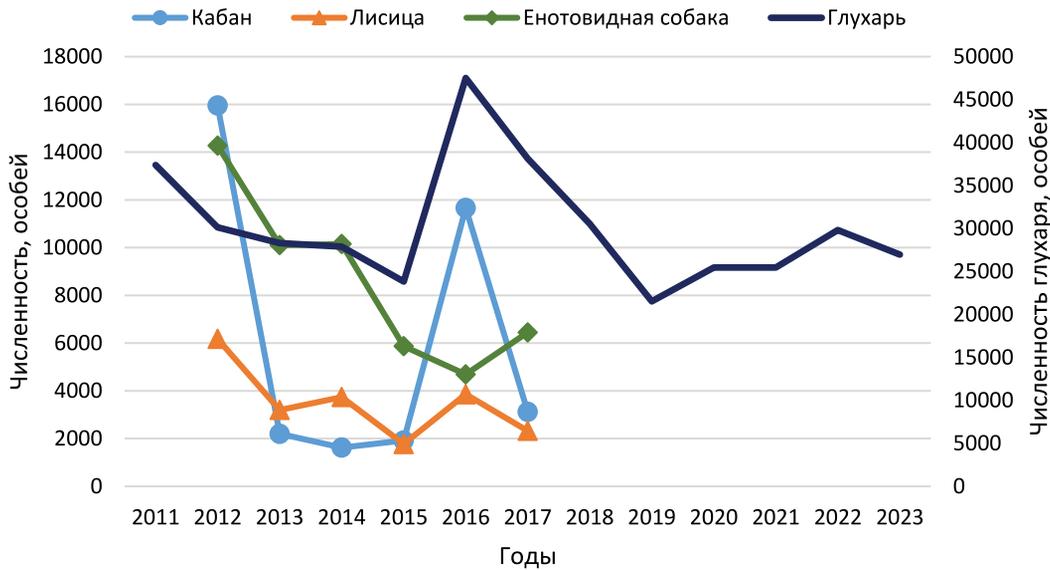


Рисунок 2 – Динамика численности глухаря, кабана и хищников в охотничьих угодьях Тверской области

Показатель ёмкости среды представляет собой конечную моделируемую численность группировки глухаря на момент, когда эта группировка достигнет максимума, в данном случае – 50000 особей. Этот показатель косвенно отражает возможности среды обитания предоставить нужные для роста популяции ресурсы.

Уравнение Ферхюльста-Пирла решалось по формуле (4):

$$N(t) = \frac{50000 \cdot 37392}{37392 + (50000 - 37392) \cdot 2,718^{-0,023 \cdot 50}} = 45177 \text{ особей.}$$

Таким образом, прогнозируется, что численность изучаемой группировки глухаря в Тверской области достигнет значения 45177 особей к 2060 г.

Имитационная модель логистического роста численности группировки глухаря в Тверской области будет иметь следующее графическое выражение (рис. 3).

Характер логистической кривой на рисунке 3 говорит о том, что в настоящее время изучаемая группировка глухаря находится на начальной стадии роста численности и что к 2060 г. она достигнет максимально возможного значения – 45177 особей.

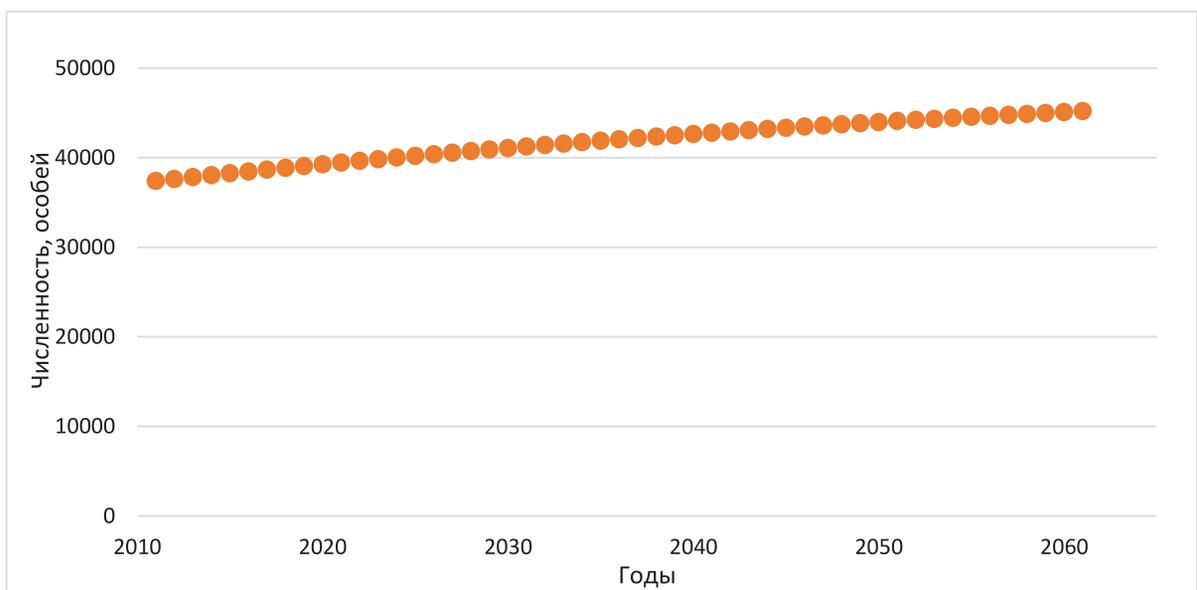


Рисунок 3 – Логистическая кривая предполагаемого роста численности группировки глухарей на территории Тверской области по уравнению Ферхюльста-Пирла

**Состояние ресурсов и объёмы добычи глухаря (*Tetrao urogallus* L.) в южной подзоне европейской тайги на примере популяционной группировки Тверской области**

Далее была проведена оценка ресурсов глухаря по РФ и по Тверской области в стоимостном выражении. Для этого приняли условие, что стоимость одной особи глухаря составляет 6000,0 руб. [13]. Опираясь на эти данные, вычислили запасы ресурсов глухаря по РФ на конец 2023 г. в стоимостном измерении:

$4475312 \cdot 6000,0 = 26851872000$  руб., или порядка 26,9 млрд руб.

В Тверской области наличие запасов ресурсов глухаря на 2023 г. в стоимостном измерении:

$26972 \cdot 6000,0 = 161832000$  руб., или 161,8 млн руб.

**Выводы.** Таким образом, в заключение можно отметить, что наблюдается снижение численности глухарей в охотничьих угодьях Тверской области. За последние 12 лет она сократилась с 37392 особей (в 2011 г.) до 26972 особей (в 2023 г.), т.е. на 10420 особей (27,9%). Это вызывает озабоченность и требует более пристального внимания и экологически ответственного отношения к этому виду охотничьих ресурсов в

аспектах инвентаризации, мониторинга и использования.

Объёмы добычи глухаря на территории охотничьих угодий Тверской области по разрешениям увеличились на 51,3%. На протяжении изучаемого периода 12-ти охотничьих сезонов они находились в пределах от 150 до 658 особей за сезон. Причём в начале изучаемого периода они составили 435 особей, в конце – 658 особей – это максимальное значение данного показателя в охотничий сезон 2022–2023 гг.

Результаты модельного эксперимента, выполненного по логистическому уравнению Ферхюльста-Пирла, говорят о том, что в период 2022–2023 гг. изучаемая группировка глухаря находится на начальной стадии роста численности и что к 2060 г. она может достигнуть максимально возможного значения (45177 особей).

Оценка ресурсов глухаря в охотничьих угодьях Тверской области в стоимостном выражении показала, что их стоимость на 2023 год составляет 161,8 млн руб.

#### Список источников

1. Бородулин В. А. Ресурсы, учет и использование глухаря в охотничьих угодьях Ленинградского общества охотников и рыболовов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2011. № 197. С. 107–117. EDN RDXZID.
2. Савченко И. А. Воздействие лесопользования на ресурсы рябчика и глухаря в подтайге Центральной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2009. № 9 (36). С. 117–121. EDN KYFJIN.
3. Савченко И. А., Савченко А. П. Фенология брачного поведения глухаря *Tetrao urogallus* L. на территории Центральной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2012. № 9 (72). С. 90–94. EDN PDBSHF.
4. Романов А. Н. Управление популяциями глухаря // Охота и охотничье хозяйство. 1983. № 1. С. 16–17.
5. Романов А. Н. Глухарь. М. : Агропромиздат, 1988. 192 с.
6. Методика учета численности охотничьих ресурсов методом зимнего маршрутного учета. URL: [https://www.mnr.gov.ru/docs/metodicheskie\\_dokumenty/metodika\\_ucheta\\_chislennosti\\_okhotnichikh\\_resursov\\_metodom\\_zimnego\\_marshrutnogo\\_ucheta\\_2023/](https://www.mnr.gov.ru/docs/metodicheskie_dokumenty/metodika_ucheta_chislennosti_okhotnichikh_resursov_metodom_zimnego_marshrutnogo_ucheta_2023/) (дата обращения: 03.05.2024).
7. Ащепкова Л. Я., Кузьмина А. Е., Мамонтова Л. М. [и др.] Прогнозирование экологических процессов. Новосибирск : Наука, 1986. 185 с.
8. Чугреев М. К., Ткачева И. С., Семенов В. В., Носова А. Р. Ресурсы зайца-русака (*Lepus europaeus* Pallas, 1778) в Ярославской области // Развитие взаимоотношений различных отраслей науки в современных условиях : сб. статей по итогам Международ. науч.-практ. конф. (Стерлитамак, 04 июля 2021 г.). Стерлитамак : ООО «Агентство международных исследований», 2021. С. 5–11. EDN JSYCNM.
9. Champman R. N. Animal Ecology, With Special Reference to Insects. New York : McGraw-Hill, 1931. 464 p.
10. Мышкис А. Д. Лекции по высшей математике. Изд. 5-е, перераб. и доп. Санкт-Петербург : Лань, 2007. 688 с. ISBN 978-5-8114-0572-5. EDN QJSLXR.
11. Соколов С. В. Модели динамики популяций. Санкт-Петербург : СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. 61 с.
12. Dimcheff D. E., Drovetski S. V., Mindell D. P. Phylogeny of Tetraoninae and other galliform birds using mitochondrial 12S and ND2 genes // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2002. Vol. 24, № 2. P. 203–215. DOI 10.1016/s1055-7903(02)00230-0.
13. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 8 декабря 2011 г. № 948 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам». URL: <https://ivo.garant.ru/#/document/70132926/paragraph/1:0> (дата обращения: 03.05.2024).

#### References

1. Borodulin V. A. Resursy, uchet i ispol'zovanie gluharja v ohotnich'ih ugod'jah Leningradskogo obshhestva ohotnikov i rybolovov // Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii. 2011. № 197. S. 107–117. EDN RDXZID.

2. Savchenko I. A. Vozdejstvie lesopol'zovanija na resursy rjabchika i gluharja v podtajge Central'noj Sibiri // Vestnik KrasGAU. 2009. № 9 (36). S. 117–121. EDN KYFJIN.
3. Savchenko I. A., Savchenko A. P. Fenologija brachnogo povedenija gluharja *Tetrao urogallus* L. na territorii Central'noj Sibiri // Vestnik KrasGAU. 2012. № 9 (72). S. 90–94. EDN PDBSHF.
4. Romanov A. N. Upravlenie populjacijami gluharja // Ohoty i ohotnich'e hozjajstvo. 1983. № 1. S. 16–17.
5. Romanov A. N. Gluhar'. M. : Agropromizdat, 1988. 192 s.
6. Metodika ucheta okhotnichikh resursov metodom zimnego marshrutnogo ucheta. URL: [https://www.mnr.gov.ru/docs/metodicheskie\\_dokumenty/metodika\\_ucheta\\_chislennosti\\_okhotnichikh\\_resursov\\_metodom\\_zimnego\\_marshallnogo\\_ucheta\\_2023](https://www.mnr.gov.ru/docs/metodicheskie_dokumenty/metodika_ucheta_chislennosti_okhotnichikh_resursov_metodom_zimnego_marshallnogo_ucheta_2023) (data obrashhenija: 03.05.2024).
7. Ashchepkova L. Ya., Kuz'mina A. E., Mamontova L. M. [i dr.] Prognozirovanie jekologicheskikh processov. Novosibirsk : Nauka, 1986. 185 s.
8. Chugreev M. K., Tkacheva I. S., Semenov V. V., Nosova A. R. Resursy zajca-rusaka (*Lepus europaeus* Pallas, 1778) v Jaroslavskoj oblasti // Razvitie vzaimootnoshenij razlichnyh otraslej nauki v sovremennyh uslovijah : sb. statej po itogam Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf. (Sterlitamak, 04 ijulja 2021 g.). Sterlitamak : OOO «Agentstvo mezhdunarodnyh issledovanij», 2021. S. 5–11. EDN JSYCNM.
9. Champman R. N. Animal Ecology, With Special Reference to Insects. New York : McGraw-Hill, 1931. 464 p.
10. Myshkis A. D. Lekcii po vysshej matematike. Izd. 5-e, pererab. i dop. Sankt-Peterburg [i dr.]: Lan', 2007. 688 s. ISBN 978-5-8114-0572-5. EDN QJSLXR.
11. Sokolov S. V. Modeli dinamiki populjacij. Sankt-Peterburg : SPbGJeTU «LJeTI», 2018. 61 s.
12. Dimcheff D. E., Drovetski S. V., Mindell D. P. Phylogeny of Tetraoninae and other galliform birds using mitochondrial 12S and ND2 genes // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2002. Vol. 24, № 2. P. 203–215. DOI 10.1016/s1055-7903(02)00230-0.
13. Prikaz Ministerstva prirodnyh resursov i jekologii RF ot 8 dekabrja 2011 g. N 948 «Ob utverzhdenii Metodiki ischislenija razmera vreda, prichinennogo ohotnich'im resursam». URL: <https://ivo.garant.ru/#/document/70132926/paragraph/1:0> (data obrashhenija: 03.05.2024).

*Сведения об авторах*

**Мария Владимировна Головина** – главный специалист отдела государственного охотничьего учёта и рационального использования объектов животного мира, отнесённых к объектам охоты, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-исследовательский центр развития охотничьего хозяйства», spin-код: 1834-9288.

**Михаил Константинович Чугреев** – доктор биологических наук, заведующий отделом научных исследований в сфере охотничьего хозяйства, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научно-исследовательский центр развития охотничьего хозяйства», spin-код: 7139-8979.

**Наталья Валентиновна Цепляева** – ветеринарный врач отдела охотничьего хозяйства, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственное опытное охотничье хозяйство «Селигер», ohoty-gooh@mail.ru.

*Information about the authors*

**Mariya V. Golovina** – Chief Specialist of the Department of State Hunting Accounting and Rational Use of wildlife objects classified as hunting objects, Federal State Budgetary Institution Federal Research Center for Development of Game Management, spin-code: 1834-9288.

**Mikhail K. Chugreev** – Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Scientific Research in the Field of Hunting, Federal State Budgetary Institution Federal Research Center for Development of Game Management, spin-code: 7139-8979.

**Natalya V. Tseplyaeva** – Veterinarian of Game Management, Federal State Budgetary Institution «Seliger State Experimental Hunting Farm», ohoty-gooh@mail.ru.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Научная статья  
 УДК 636.082/35.12.03  
 doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.004

## ПИЩЕВАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ БЫЧКОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МЯСНЫХ ПОРОД В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

**В. И. Косилов<sup>1</sup>, В. В. Толочка<sup>2</sup>, И. В. Миронова<sup>3, 4</sup>, Е. А. Никонова<sup>5</sup>,  
 Р. Г. Тимербулатова<sup>6</sup>, Н. Н. Кадилов<sup>7</sup>, О. В. Алексеев<sup>8</sup>**

<sup>1, 5</sup>Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

<sup>2</sup>Приморский государственный аграрно-технологический университет, Уссурийск, Россия

<sup>3, 6, 7, 8</sup>Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

<sup>4</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ирина Валерьевна Миронова,  
 mironova\_irina-v@mail.ru, ORCID 0000-0002-5948-9563

**Реферат.** В статье приводятся результаты влияния генотипа бычков калмыцкой (I группа), абердин-ангусской (II группа) и герефордской пород (III группа) на показатели длиннейшей мышцы спины, такие как химический состав, энергетическая ценность и выход питательных веществ мышечной ткани туши. Бычки абердин-ангусской породы демонстрировали преимущество по пищевой и энергетической ценности мышечной ткани по сравнению с бычками калмыцкой и герефордской пород. Так, у абердин-ангуссов массовая доля сухого вещества в длиннейшей мышце спины была выше на 2,41 и 1,31% соответственно, экстрагируемого жира – на 1,22 и 0,89%, протеина – на 1,02 и 0,31%, концентрации энергии в 1 кг мышечной ткани – на 650,13 кДж (15,12%) и 399,76 кДж (8,79%), энергетической ценности всей мышечной ткани туши – на 106,30 мДж (29,40%) и 25,24 мДж (5,70%) по сравнению с калмыцкими и герефордскими аналогами. Минимальной пищевой и энергетической ценностью отличалась мышечная ткань бычков калмыцкой породы.

*Ключевые слова:* мясное скотоводство, бычки, абердин-ангусская порода, калмыцкая порода, герефордская порода, туша, мышечная ткань, химический состав, энергетическая ценность

## NUTRITIONAL AND ENERGY VALUE OF MUSCLE TISSUE OF BULLS OF SPECIALIZED MEAT BREEDS IN PRIMORSKY KRAI

**V. I. Kosilov<sup>1</sup>, V. V. Tolochka<sup>2</sup>, I. V. Mironova<sup>3, 4</sup>, E. A. Nikonova<sup>5</sup>, R. G. Timerbulatova<sup>6</sup>,  
 N. N. Kadirov<sup>7</sup>, O. V. Alekseev<sup>8</sup>**

<sup>1, 5</sup>Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

<sup>2</sup>Primorsky State Agrarian-Technological University, Ussuriysk, Russia

<sup>3, 6, 7, 8</sup>Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

<sup>4</sup>Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

Author responsible for the correspondence: Irina V. Mironova,  
 mironova\_irina-v@mail.ru, ORCID 0000-0002-5948-9563

**Abstract.** The article provides the results of the influence of the genotype of the bulls of Kalmyk (I group), Aberdeen Angus (group II) and Hereford breeds (group III) on the indicators of the longest back muscles, such as the chemical composition, energy value and nutrient yield of carcass muscle tissue. The bulls of the Aberdeen Angus breed showed the advantage in the nutritional and energy value of muscle tissue compared to Kalmyk and Hereford bulls. So, in Aberdeen Angusses, the mass fraction of the dry matter in the longest back muscle was higher by 2.41 and 1.31%, respectively, extractable fat – by 1.22 and 0.89%, protein – by 1.02 and 0.31%, energy concentrations in 1 kg of muscle tissue – by 650.13 kJ (15.12%) and 399.76 kJ (8.79%), energy value of the entire muscle tissue of the carcass – by 106.30 MJ (29.40%) and 25.24 MJ (5.70%)

25.24 MJ (5.70%) compared to Kalmyk and Hereford analogues. The muscle tissue of the Kalmyk bulls was characterized by minimal nutritional and energy value.

*Keywords: beef cattle farming, bulls, Aberdeen Angus, Kalmyk breed Hereford breed, carcass, muscle tissue, chemical composition, energy value*

**Введение.** Вопрос обеспечения населения страны, несмотря на все прилагаемые в последние годы усилия, до настоящего времени остаётся не разрешённым. В этой связи современные достижения науки и опыт практической деятельности позволяют разработать комплексные подходы по стабильному увеличению производства мяса всех видов и особенно говядины [1–8].

Решить данную задачу можно путём развития специализированного мясного скотоводства по ускоренной технологии на традиционных территориях страны и в её новых регионах, которые часто характеризуются всеми необходимыми резервами для развития этой отрасли животноводства с минимальными затратами [9–15]. Важнейшим преимуществом таких территорий является наличие значительных площадей угодий, пригодных для пастбища, что особенно важно для эффективного ведения мясного скотоводства [16–19]. Это в значительной степени характерно и для Приморского края, имеющего практический опыт разведения скота специализированных мясных пород. Исходя из этого, мы перед собой поставили цель провести оценку качества мясной продукции бычков разных пород, выращенных на территории Приморского края, и сформулировали задачу – изучить влияние генотипа бычков мясных пород на пищевую и энергетическую ценность говядины.

**Материалы и методы исследований.** Для проведения эксперимента были подобраны объекты исследования – чистопородные бычки следующих пород: I группа – калмыцкая, II группа – абердин-ангусская, III группа – герефордская. В 18-месячном возрасте после интенсивного откорма трёх бычков каждой породы подвергали контрольному убою. После убоя и первичной переработки туши из длиннейшей мышцы спины (правой её половины) были взяты образцы массой 200 г для оценки химического состава по общепринятым методикам. Энергетическую ценность мышечной ткани рассчитали по формуле В. А. Александрова (1951). Полученный экспериментальный материал при использовании методических указаний (Плохинский Н. А., 1970) [20] обрабатывали методом вариационной статистики с определением средней арифметической, среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации. Для установления достоверности разницы полученных показателей применяли критерий Стьюдента.

**Результаты исследований.** Известно, что у специализированных мясных пород при откорме

молодняка в результате убоя получается мясная продукция с более высокой пищевой и энергетической ценностью по сравнению с комбинированными и молочными. Данный признак является биологически обоснованной особенностью скота мясных пород и генетически детерминирован. Это положение подтверждается и результатами проведённого нами мониторинга химического состава мышечной ткани бычков трёх мясных пород (рис. 1).

Установлено, что лидирующее положение по массовой доле основных питательных элементов мышечной ткани занимали бычки абердин-ангусской породы, представляющие II группу молодняка. Так, сверстники калмыцкой и герефордской пород I и III групп уступали им по содержанию сухого вещества в длиннейшей мышце спины на 2,41% ( $P < 0,01$ ) и 1,31% ( $P < 0,05$ ) соответственно.

Установленная разница между группами по массовой доле сухого вещества в мышечной ткани связана с разным содержанием питательных веществ в мясе бычков тестируемых пород с лидерством абердин-ангусов. Так, в длиннейшей мышце спины бычков II группы, по сравнению с аналогами I (калмыцкая) и III (герефордская), доля экстрагируемого жира была достоверно ( $P < 0,05$ ) выше на 1,22 и 0,89%, протеина – на 1,02 и 0,31%. Минимальную пищевую ценность выявили в мясной продукции бычков калмыцкой породы, относящихся к I группе. Достаточно отметить, что в их мышечной ткани содержание сухого вещества было достоверно ( $P < 0,05$ ) ниже, чем в образцах мяса молодняка герефордской породы, принадлежащих к III группе, на 1,10%, экстрагируемого жира – на 0,33%, протеина – на 0,71%.

При комплексной оценке пищевой ценности мясной продукции важным является не только определение удельного веса пищевых веществ в ней, но и абсолютного их содержания.

Анализ полученных нами данных свидетельствует, что преимущество по этому признаку во всех случаях было на стороне абердин-ангусского молодняка II группы, за исключением валового выхода белка (рис. 2).

Так, бычки I (калмыцкая) и III (герефордская) групп уступали аналогам II (абердин-ангусы) группы по содержанию сухого вещества в 1 кг мышечной ткани на 24,1 г (10,33%) и 13,1 г (5,36%), белка – на 10,2 г (5,07%) и 3,1 г (1,49%), экстрагируемого жира – на 12,2 г (55,96%) и 8,9 г (35,46%) соответственно.

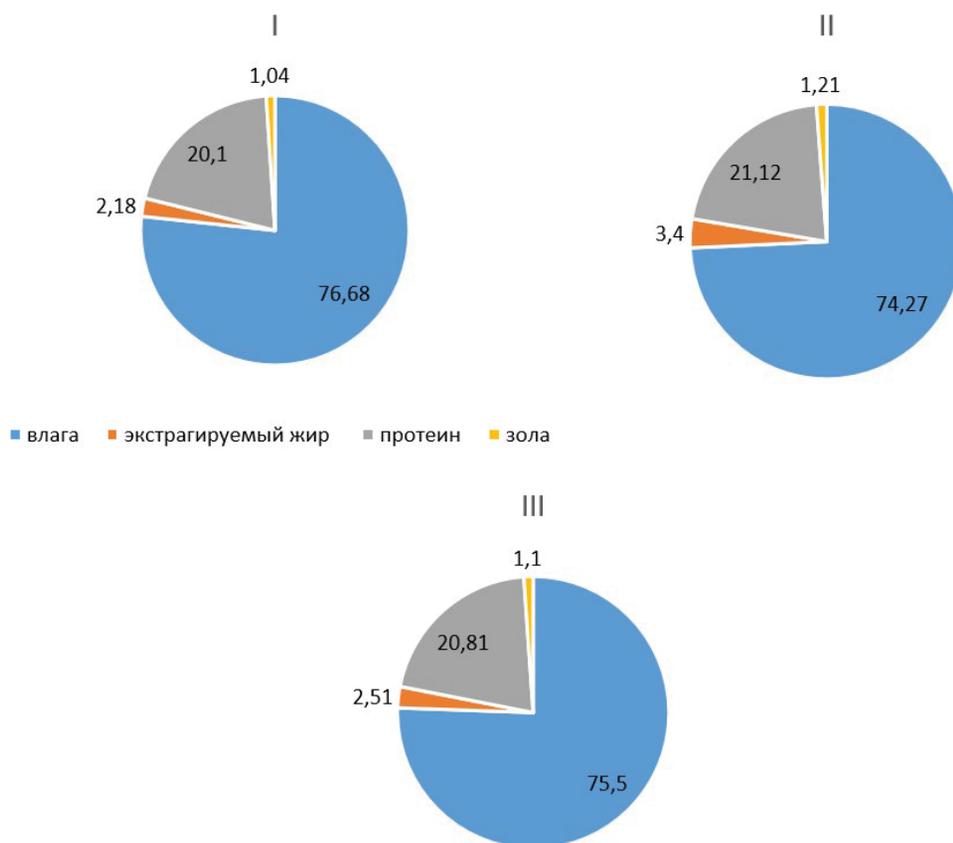


Рисунок 1 – Химический состав длинной мышцы спины бычков мясных пород в 18-месячном возрасте, %

Минимальные значения изучаемых показателей были у бычков I группы (калмыцкая порода). Они уступали сверстникам III группы (геррефордская) по массовой доле сухого вещества в 1 кг мышечной ткани на 11,0 г (4,72%), белка – на 7,1 г (3,53%), экстрагируемого жира – на 3,3 г (15,14%).

Что касается валового выхода питательных веществ в мышечной ткани туши, то бычки абердин-ангусской породы II группы превосходили по массе сухого вещества сверстников калмыцкой и геррефордской пород I и III групп соответственно на 4,71 кг (24,02%) и 0,56 кг (2,36%), экстрагируемого жира – на 1,38 кг (75,41%) и 0,77 кг (31,55%).

По массе белка мышечной ткани туши абердин-ангусы II группы, превосходя калмыцкий молодняк I группы на 3,06 кг (18,16%), на 0,29 кг (1,45%) уступали геррефордам III группы. При этом бычки геррефордской породы III группы превосходили сверстников калмыцкой породы I группы по массе сухого вещества, экстрагируемого жира и белка в мышечной ткани туши на 4,15 кг (21,16%), 0,61 кг (33,33%) и 3,35 кг (19,82%) соответственно.

Известно, что мясо – это не только белковый продукт питания, но и источник поступления в организм энергии, которая образуется при биохимическом окислении в организме питательных

веществ. При этом её объёмы обусловлены химическим составом мясной продукции.

Установлено, что вследствие неодинакового химического состава мышечной ткани, обусловленного генотипом бычков подопытных групп, концентрация энергии в 1 кг мышечной ткани также была различной. По анализируемому показателю преимущественное положение было у бычков абердин-ангусской породы, относящихся ко II группе. Молодняк I группы (калмыцкая) и III группы (геррефордская) демонстрировал меньшую – на 650,13 кДж (15,12%) и 399,76 кДж (8,79%) концентрацию энергии в 1 кг мышечной ткани. В свою очередь геррефорды III группы превосходили сверстников калмыцкой породы I группы на 250,37 кДж (5,82%).

Проведённый эксперимент и анализ полученных результатов свидетельствуют, что межгрупповое распределение бычков всех подопытных групп по показателю концентрации энергии в 1 кг мышечной ткани было таким же, как и по энергетической ценности всей мышечной ткани туши. Так, у бычков II группы абердин-ангусской породы величина анализируемого показателя была выше, чем у молодняка I (калмыцкая) на 186,3 мДж (29,40%) и III (геррефордская) – на 25,24 мДж (5,70%).

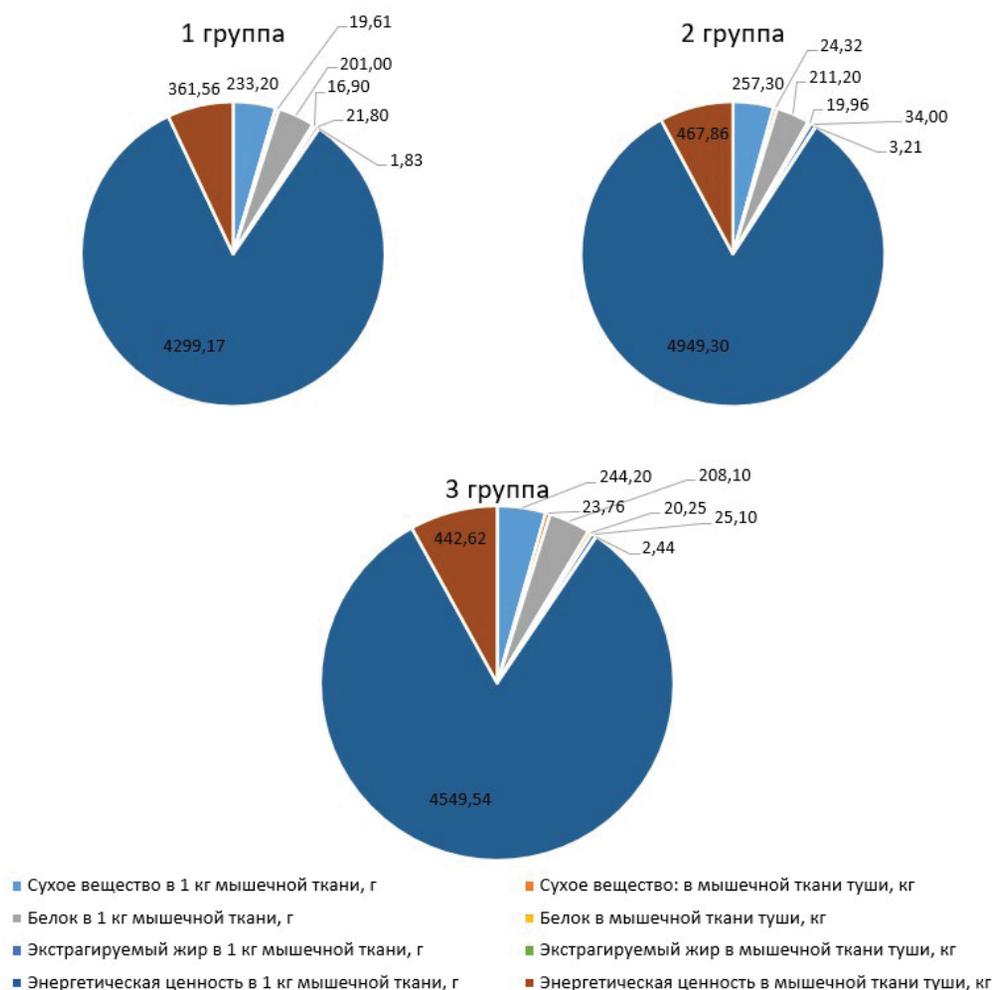


Рисунок 2 – Выход питательных веществ и энергетическая ценность мышечной ткани туши бычков подопытных групп

Из-за меньшей концентрации энергии в 1 кг мышечной ткани и, соответственно, её массы в туше, бычки I группы (калмыцкая порода) уступали сверстникам III группы (гернефордская порода) по энергетической ценности всей мышечной ткани туши на 81,06 мДж (22,42%).

**Выводы.** Мониторинг качества мясной продукции указывает на её высокую пищевую и энергетическую ценность. При этом лучшими показателями отличалась мышечная ткань бычков абердин-ангусской породы.

#### Список источников

1. Тагиров Х. Х., Зубаирова Л. А., Вагапов И. Ф., Гайсина Р. А. Мясная продуктивность и качество мяса сверхремонтного молодняка при использовании новых кормовых добавок // Вестник АПК Верхневолжья. 2024. № 1 (65). С. 49–54. DOI 10.35694/YARCX.2024.65.1.006. EDN GFAMTJ.
2. Косилов В. И., Андриенко Д. А., Никонова Е. А., Тихонов П. Т. Потребление кормов и основных питательных веществ рациона молодняком крупного рогатого скота при чистопородном выращивании и скрещивании // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (59). С. 125–127. ISSN 2073-0853. EDN WGXTYP.
3. Жаймышева С. С., Косилов В. И., Герасимова Т. Г., Бакаева Л. Н. Эффективность использования энергии питательных веществ рациона чистопородными и помесными бычками // Вестник АПК Верхневолжья. 2024. № 1 (65). С. 55–61. DOI 10.35694/YARCX.2024.65.1.007. EDN TUUTNI.
4. Шевхужев А. Ф., Улимбашев М. Б., Улимбашева Р. А. Динамика роста бурого швицкого и калмыцкого молодняка в условиях отгонно-горного скотоводства // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 6 (62). С. 139–141. ISSN 2073-0853. EDN XSLATD.

5. Толочка В. В., Гармаев Д. Ц., Косилов В. И., Никонова Е. А. Весовой рост бычков калмыцкой породы разной линейной принадлежности в условиях Приморского края // Аграрный вестник Приморья. 2019. № 3 (15). С. 25–27. ISSN 2500-0071. EDN CTPRDY.

6. Никонова Е. А., Лукина М. Г., Губайдуллин Н. М. [и др.] Морфологический и сортовой состав туши чистопородного и помесного молодняка, полученного при скрещивании чёрно-пёстрого скота с голштинами, симменталами и лимузинами разной доли кровности // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 233–239. DOI 10.37670/2073-0853-2021-87-1-233-239. EDN YUPASO.

7. Толочка В. В., Косилов В. И., Гармаев Д. Ц. Влияние генотипа бычков мясных пород на интенсивность роста // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 5 (91). С. 201–206. DOI 10.37670/2073-0853-2021-91-5-201-206. EDN BRYMOH.

8. Шевхужев А. Ф. Резервы создания стад мясного скота // Зоотехния. 1994. № 7. С. 23–27. ISSN 0235-2478. EDN UWGKGP.

9. Тагиров Х. Х., Миронова И. В., Гильмияров Л. А. Биоконверсия питательных веществ и энергии корма в съедобные части тела бычками и кастратами разных генотипов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 2 (30). С. 108–111. ISSN 2073-0853. EDN NUUKZV.

10. Мироненко С. И., Косилов В. И., Никонова Е. А. Качество мяса бычков черно-пестрой и симментальской пород и их двух-трехпородных помесей // Вестник мясного скотоводства. 2014. № 1 (84). С. 12–16. EDN QFJTXX.

11. Миронова И. В., Благов Д. А., Торжков Н. И. [и др.] Влияние сенажа, заготовленного с помощью биоконсерванта Биотроф, на физиологический статус и мясную продуктивность крупного рогатого скота // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 277–282. DOI 10.37670/2073-0853-2020-84-4-277-282. EDN CFKNIH.

12. Хабибуллин И. М., Миронова И. В., Хабибуллин Р. М. [и др.] Эффективность использования адаптогенов различного происхождения на мясную продуктивность крупного рогатого скота // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 4. С. 94–102. DOI 10.26897/0021-342X-2022-4-94-102. EDN DBMDSP.

13. Косилов В. И. Повышение мясных качеств красного степного скота путем двух-трехпородного скрещивания. М. : Изд-во Дружба народов, 2004. 200 с. ISBN 5-285-00420-1. EDN QKWLTV.

14. Никонова Е. А., Лукина М. Г., Прохорова М. С. Закономерности изменения весовых показателей бычков, тёлочек и бычков-кастратов, полученных при двух-трехпородном скрещивании // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (83). С. 308–313. ISSN 2073-0853. EDNYYQGXN.

15. Kubatbekov T. S., Kosilov V. I., Kaledin A. P. [et al.] The genotypic peculiarities of the consumption and the use of nutrients and energy from the fodder by the purebred and crossbred heifers // Journal of Biochemical Technology. 2020. Vol. 11, Is. 4. P. 36–41. eISSN 0974-2328.

16. Zhaimysheva S. S., Kosilov V. I., Miroshnikov S. A. [et al.] Genetic and physiological aspects of bulls of dual-purpose and beef breed and their crossbreeds // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 421. P. 22028. DOI 10.1088/1755-1315/421/2/022028. EDN XWGIPO.

17. Tyulebaev S. D., Kadysheva M. D., Kosilov V. I. [et al.] The state of polymorphism of genes affecting the meat quality in micropopulations of meat Simmentals // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Omsk City, Western Siberia, 04–05.06.2020). Omsk City, Western Siberia, 2021. P. 012045. DOI 10.1088/1755-1315/624/1/012045. EDN MYHPJW.

18. Nikonova E. A., Kosilov V. I., Anhalt E. M. The influence of the genotype of gobies on the quality of meat products // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Omsk City, Western Siberia, 04–05.06.2020). Omsk City, Western Siberia, 2021. P. 012131. DOI 10.1088/1755-1315/624/1/012131. EDN UEDGCH.

19. Kubatbekov T. S., Yuldashbaev Y. A., Amerkhanov H. A. [et al.] Genetic Aspects for Meat Quality of Purebred and Crossbred Bull-Calves // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2020. Vol. 8, No. S3. P. 38–42. DOI 10.17582/journal.aavs/2020/8.s3.38.42. EDN QCWEPV.

20. Плохинский Н. А. Биометрия. 2-е изд. М.: Изд-во Московского университета, 1970. 367 с.

#### References

1. Tagirov Kh. Kh., Zubairova L. A., Vagapov I. F., Gajsina R. A. Myasnaya produktivnost' i kachestvo myasa sverhremontnogo molodnyaka pri ispol'zovanii novykh kormovykh dobavok // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2024. № 1 (65). С. 49–54. DOI 10.35694/YARCX.2024.65.1.006. EDN GFAMTJ.

2. Kosilov V. I., Andrienko D. A., Nikonova E. A., Tikhonov P. T. Potreblenie kormov i osnovnykh pitatel'nykh veshchestv raciona molodnyakom krupnogo rogatogo skota pri chistopородном vyrashchivanii i skreshchivanii // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 3 (59). С. 125–127. ISSN 2073-0853. EDN WGXTYP.

3. Zhajmysheva S. S., Kosilov V. I., Gerasimova T. G., Bakaeva L. N. Effektivnost' ispol'zovaniya energii pitatel'nyh veshchestv racionalno chistoporodnymi i pomесnymi bychkami // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2024. № 1 (65). S. 55–61. DOI 10.35694/YARCX.2024.65.1.007. EDN TUUTNI.
4. Shevhezhev A. F., Ulmbashev M. B., Ulmbasheva R. A. Dinamika rosta burogo shvickogo i kalmyckogo molodnyaka v usloviyah otgonno-gornogo skotovodstva // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 6 (62). S. 139–141. ISSN 2073-0853. EDN XSLATD.
5. Tolochka V. V., Garmaev D. Ts., Kosilov V. I., Nikonova E. A. Vesovoj rost bychkov kalmyckoj porody raznoj linejnoy prinadlezhnosti v usloviyah Primorskogo kraja // Agrarnyj vestnik Primor'ya. 2019. № 3 (15). S. 25–27. ISSN 2500-0071. EDN CTPRDY.
6. Nikonova E. A., Lukina M. G., Gubajdullin N. M. [i dr.] Morfologicheskij i sortovoj sostav tushi chistoporodnogo i pomесnogo molodnyaka, poluchennogo pri skreshchivanii chyorno-pyostrogo skota s golshтинami, simmentalami i limuzinami raznoj doli krovnosti // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 1 (87). S. 233–239. DOI 10.37670/2073-0853-2021-87-1-233-239. EDN YUPASO.
7. Tolochka V. V., Kosilov V. I., Garmaev D. Ts. Vliyanie genotipa bychkov myasnyh porod na intensivnost' rosta // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 5 (91). S. 201–206. DOI 10.37670/2073-0853-2021-91-5-201-206. EDN BRYMOH.
8. Shevhezhev A. F. Rezervy sozdaniya stad myasnogo skota // Zootekhniya. 1994. № 7. S. 23–27. ISSN 0235-2478. EDN UWGKGP.
9. Tagirov Kh. Kh., Mironova I. V., Gil'miyarov L. A. Biokonversiya pitatel'nyh veshchestv i energii korma v s'edobnye chasti tela bychkami i kastratami raznyh genotipov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. № 2 (30). S. 108–111. ISSN 2073-0853. EDN NUUKZV.
10. Mironenko S. I., Kosilov V. I., Nikonova E. A. Kachestvo myasa bychkov cherno-pestroj i simmental'skoj porod i ih dvuh-trekhporodnyh pomесej // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2014. № 1 (84). S. 12–16. EDN QFJTXX.
11. Mironova I. V., Blagov D. A., Torzhkov N. I. [i dr.] Vliyanie senazha, zagotovlennogo s pomoshch'yu biokonservanta Biotrof, na fiziologicheskij status i myasnuyu produktivnost' krupnogo rogatogo skota // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 4 (84). S. 277–282. DOI 10.37670/2073-0853-2020-84-4-277-282. EDN CFKNIH.
12. Khabibullin I. M., Mironova I. V., Khabibullin R. M. [i dr.] Effektivnost' ispol'zovaniya adaptoginov razlichnogo proiskhozhdeniya na myasnuyu produktivnost' krupnogo rogatogo skota // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. № 4. S. 94–102. DOI 10.26897/0021-342X-2022-4-94-102. EDN DBMDSP.
13. Kosilov V. I. Povyshenie myasnyh kachestv krasnogo stepnogo skota putem dvuh-trekhporodnogo skreshchivaniya. M. : Izd-vo Druzhba narodov, 2004. 200 s. ISBN 5-285-00420-1. EDN QKWLTB.
14. Nikonova E. A., Lukina M. G., Prokhorova M. S. Zakonomernosti izmeneniya vesovyh pokazatelej bychkov, tyolok i bychkov-kastratov, poluchennyh pri dvuh-tryohporodnom skreshchivanii // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 3 (83). S. 308–313. ISSN 2073-0853. EDNYYQGXN.
15. Kubatbekov T. S., Kosilov V. I., Kaledin A. P. [et al.] The genotypic peculiarities of the consumption and the use of nutrients and energy from the fodder by the purebred and crossbred heifers // Journal of Biochemical Technology. 2020. Vol. 11, Is. 4. P. 36–41. eISSN 0974-2328.
16. Zhaimysheva S. S., Kosilov V. I., Miroshnikov S. A. [et al.] Genetic and physiological aspects of bulls of dual-purpose and beef breed and their crossbreeds // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 421. P. 22028. DOI 10.1088/1755-1315/421/2/022028. EDN XWGIPO.
17. Tyulebaev S. D., Kadysheva M. D., Kosilov V. I. [et al.] The state of polymorphism of genes affecting the meat quality in micropopulations of meat Simmentals // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Omsk City, Western Siberia, 04–05.06.2020). Omsk City, Western Siberia, 2021. P. 012045. DOI 10.1088/1755-1315/624/1/012045. EDN MYHPJW.
18. Nikonova E. A., Kosilov V. I., Anhalt E. M. The influence of the genotype of gobies on the quality of meat products // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Omsk City, Western Siberia, 04–05.06.2020). Omsk City, Western Siberia, 2021. P. 012131. DOI 10.1088/1755-1315/624/1/012131. EDN UEDGCH.
19. Kubatbekov T. S., Yuldashbaev Y. A., Amerkhanov H. A. [et al.] Genetic Aspects for Meat Quality of Purebred and Crossbred Bull-Calves // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2020. Vol. 8, No. S3. P. 38–42. DOI 10.17582/journal.aavs/2020/8.s3.38.42. EDN QCWEPV.
20. Plokhinskij N. A. Biometriya. 2-e izd. M.: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1970. 367 s.

*Сведения об авторах*

**Владимир Иванович Косилов** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», spin-код: 1802-6176.

**Василий Васильевич Толочка** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент института ветеринарии и зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приморский государственный аграрно-технологический университет», Author ID 1060489.

**Ирина Валерьевна Миронова** – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии мясных, молочных продуктов и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет»; заведующий кафедрой специальной химической технологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», spin-код: 7655-5831.

**Елена Анатольевна Никонова** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», spin-код: 2666-2600.

**Рузалия Гибадуллиновна Тимербулатова** – ассистент кафедры физической культуры, оздоровления и спорта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», spin-код: 8996-0949.

**Назгат Назирович Кадилов** – доцент кафедры физической культуры, оздоровления и спорта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», spin-код: 1458-4686.

**Олег Владимирович Алексеев** – ассистент кафедры физической культуры, оздоровления и спорта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», spin-код: 2564-9351.

#### *Information about the authors*

**Vladimir I. Kosilov** – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of Livestock Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Orenburg State Agrarian University", spin-code: 1802-6176.

**Vasily V. Tolochka** – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Associate Professor of the Institute of Veterinary and Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Primorsky State Agrarian-Technological University", Author ID 1060489.

**Irina V. Mironova** – Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Head of the Department of Technology of Meat, Dairy Products and Chemistry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University"; Head of the Department of Special Chemical Technology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ufa State Petroleum Technological University", spin-code: 7655-5831.

**Elena A. Nikonova** – Doctor of Agricultural Sciences, Docent, Professor of the Department of Technology of Production and Processing of livestock Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Orenburg State Agrarian University", spin-code: 2666-2600.

**Ruzaliya G. Timerbulatova** – Assistant of the Department of Physical Culture, Wellness and Sports, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University", spin-code: 8996-0949.

**Nazgat N. Kadirov** – Associate Professor of the Department of Physical Culture, Wellness and Sports, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University", spin-code: 1458-4686.

**Oleg V. Alekseev** – Assistant of the Department of Physical Culture, Wellness and Sports, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Bashkir State Agrarian University", spin-code: 2564-9351.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Научная статья  
УДК 636.028  
doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.005

## ВЛИЯНИЕ СПЕЦИАЛЬНО ОБРАБОТАННОЙ ВОДЫ НА ПРИРОСТ ЖИВОЙ МАССЫ И ЯЙЦЕНОСКОСТЬ ПЕРЕПЕЛОВ

Г. Э. Ализаде<sup>1</sup>, Т. В. Новикова<sup>2</sup>, Ю. А. Воеводина<sup>3</sup>, Т. П. Рыжакина<sup>4</sup>, С. В. Шестакова<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Общество с ограниченной ответственностью «ГИРКАН», Мытищи, Россия

<sup>2, 3, 4, 5</sup>Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина, Вологда, Россия

Автор, ответственный за переписку: Татьяна Валентиновна Новикова,  
parazitology@yandex.ru, ORCID0000-0001-7894-3656

**Реферат.** Одним из перспективных направлений развития птицеводства является перепеловодство. В содержании птиц большую роль играет не только кормление, но и поение птиц. Вода оказывает значительное влияние на транспортировку и перераспределение питательных веществ, регулирование теплообмена и удаление ненужных веществ из организма. На сегодняшний день, в связи с важностью питьевого режима, проводят различные манипуляции с водой, активируя её полезные качества. Цель исследования заключалась в оценке воздействия специально обработанной воды на продуктивность перепелов. Исследования проводили на двух группах перепелов, содержащихся в одинаковых условиях, получавших однотипный рацион. Длительность эксперимента – 63 дня. Метод исследований – экспериментальный. В ходе эксперимента оценивалась динамика живой массы птицы, яичная продуктивность. Установлено, что динамика среднесуточных приростов массы перепелов в контрольных и опытных группах была однотипной и не имела существенных различий, специально обработанная вода не оказала отрицательного воздействия на динамику привесов. Период яйценоскости у перепелов обеих групп начался в одно время – в возрасте 45 дней. В начальном периоде интенсивность яйценоскости у перепелов контрольной группы превышала яйценоскость несушек опытной группы на 56,5%, с 56–65-дневного возраста данный показатель у перепелов опытной группы превысил интенсивность яйценоскости птицы контрольной группы на 20,14%, а в возрасте 66–77 дней – на 37,51%. За весь период наблюдения интенсивность яйценоскости несушек опытной группы была выше данного показателя контрольной группы на 12,6%. Установлено, что введение в рацион перепелов специально обработанной воды оказывает влияние на интенсивность яйценоскости птицы в сторону её увеличения.

*Ключевые слова:* перепеловодство, специально обработанная вода, биологическая активность воды, обмен веществ, динамика живой массы, яичная продуктивность

## EFFECT OF SPECIALLY TREATED WATER ON LIVE WEIGHT GAIN AND EGG PRODUCTION OF QUAILS

G. E. Alizadeh<sup>1</sup>, T. V. Novikova<sup>2</sup>, Yu. A. Voevodina<sup>3</sup>, T. P. Ryzhakina<sup>4</sup>, S. V. Shestakova<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Limited Liability Company "GIRKAN", Mytishchi, Russia

<sup>2, 3, 4, 5</sup>Vologda State Dairy Farming Academy by N. V. Vereshchagin, Vologda, Russia

Author responsible for the correspondence: Tatyana V. Novikova,  
parazitology@yandex.ru, ORCID0000-0001-7894-3656

**Abstract.** One of the promising directions for the development of poultry farming is quail breeding. Not only feeding, but also watering birds plays an important role in keeping birds. Water has a significant impact on the transport and redistribution of nutrients, the regulation of heat exchange and the removal of unnecessary substances from the body. Today, due to the importance of the water consumption schedule, various manipulations with water are carried out, activating its useful qualities. The goal of the research was to assess the impact of specially treated water on quail productivity. The researches were conducted on two groups of quail kept under the same conditions, receiving the same type of diet. The duration of the experiment is 63 days. The research method is experimental. During the experiment, the dynamics of live weight of poultry and

Влияние специально обработанной воды на прирост живой массы  
и яйценоскость перепелов

egg productivity were assessed. It was established that the dynamics of the average daily weight gain of quail in the control and experimental groups was of the same type and did not have significant differences; specially treated water did not have a negative effect on the dynamics of weight gain. The period of egg production in quail of both groups began at the same time – at the age of 45 days. In the initial period, the intensity of egg production in quails of the control group exceeded the egg production of laying hens of the experimental group by 56.5%, from 56–65 days of age this indicator in quails of the experimental group exceeded the intensity of egg production of poultry of the control group by 20.14%, and at the age of 66–77 days – by 37.51%. Over the entire observation period, the intensity of egg laying in the experimental group was 12.6% higher than this indicator in the control group. It has been established that the introduction of specially treated water into the quail diet affects the intensity of poultry egg production towards its increase.

**Keywords:** quail farming, specially treated water, biological activity of water, metabolism, dynamics of live weight, egg productivity

**Введение.** На сегодняшний день учёные проводят различные эксперименты и меняют свойства воды для использования её в целях активации жизненных процессов у человека и животных [1; 2].

Влияние воды на различные процессы постоянно изучается, проводятся эксперименты по изменению структуры воды [3; 4; 5].

Известно, что вода с выраженными восстановительными свойствами может значительно увеличить активность желёз внутренней секреции, регулирующих рост и минеральный обмен в организме животных, увеличивает фагоцитирующую способность клеток крови [5].

Имеющиеся экспериментальные результаты, касающиеся продолжительности жизни гидробинтов в физически активированных средах, подтверждают высокую биологическую активность воды, обладающей электрон-донорными свойствами (редокс-потенциал не ниже 200 мВ) и её генетическую безопасность, если при этом уровни основного повреждающего агента – перекиси водорода в воде не превышают биологически приемлемые значения ( $\leq 20$  мкг/л) [6; 7; 8].

Целью нашей работы явилось оценить воздействие специально обработанной воды на продуктивность перепелов, в частности оценить динамику живой массы птицы, яичную продуктивность.

**Материалы и методы.** Исследования по теме «Введение воды, прошедшей специальную подготовку, в рацион поения птицы на примере перепелов» проводились в специализированном помещении на кафедре эпизоотологии и микробиологии факультета ветеринарной медицины и биотехнологий ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА в период с 29.02.2024 г. по 02.05.2024 г.

Содержание животных в течение опыта соответствовало требованиям ГОСТ 33215-2014 [9].

Условия проведения экспериментов (микроклимат, в т.ч. температура и влажность, освещённость, вода и другие факторы), а также и технологические показатели (фронты кормления и поения, плотность посадки птицы и т.д.), которые не являются предметом изучения при проведении исследований, поддерживали в соответствии с общепринятыми и действующими на период проведения опыта рекомендациями по технологии производства перепелов [10; 11; 12].

Для проведения исследования были сформированы две группы перепелов радонежской породы в возрасте 14 дней (выведены 16.02.2024 г.) по 18 голов в каждой группе (табл. 1).

До 2-недельного возраста вся птица содержалась в брудере с одинаковыми условиями кормления и поения. В 14-дневном возрасте перепёлки были перемещены в специально оборудованные клетки, оснащённые кормушками и автоматическими поилками, по 9 голов в каждой клетке (рис. 1).

Перед разделением на группы и пересадкой в клетки оценивали клиническое состояние птенцов и проводили их взвешивание. По половому признаку птицу не разделяли, поскольку половые различия у перепёлок становятся явными при начале яйценоскости.

Наблюдения за объектами исследования проводили в период с 29.02.2024 по 02.05.2024 года. Продолжительность опыта составила 63 дня.

На протяжении исследования перепела находились в идентичных условиях, отличалась только вода для их поения. Птица контрольной группы получала отстоявшуюся водопроводную воду, опытной группы – прошедшую специальную обработку.

Таблица 1 – Схема проведения опыта

Группа	Продолжительность, дни	Кол-во особей, гол.	Условия поения
Контроль	63	18	Исходная (необработанная) вода
Опыт	63	18	Вода, прошедшая специальную подготовку



Рисунок 1 – Содержание перепелов в групповых клетках

Корма задавались ежедневно утром. Кормление птицы осуществляли кормом для птицы фирмы Purina в соответствии с рекомендациями производителя – до 31-дневного возраста – вволю, затем в количестве 39,0 г на голову в сутки [13; 14].

Несъеденные в течение суток остатки корма извлекались и взвешивались. Учёт потребления воды также фиксировался ежедневно.

Для оценки изменения живой массы птицы было проведено 5 взвешиваний: в 14, 21, 26, 42 и 63-дневном возрасте.

Абсолютный прирост вычисляли по формуле (1):

$$P_{аб} = m_k - m_0, \quad (1)$$

где  $m_k$  – конечная масса перепела, грамм;  $m_0$  – начальная масса перепела, грамм.

Яйценоскость перепелов оценивали по началу периода яйценоскости и её интенсивности.

Интенсивность яйценоскости определяли отношением количества снесённых яиц за опреде-

лённый период (дней) к поголовью самок, выраженный в процентах.

Определение живой массы птицы и массы яиц проводилось путём взвешивания на весах лабораторных ВМК 651, предназначенных для взвешивания образцов массой до 650 г и дискретностью 0,1 г (рис. 2, 3).

При наблюдении за птицей учитывали возможное влияние на её поведение присутствия человека [12], для достоверности результатов опыта применялась фотоловушка с датчиком движения.

**Результаты исследования.** Контроль прироста живой массы и сохранности птицы по группам проводили в течение всего времени эксперимента.

Взвешивание перепелов проводили в возрасте 14, 21, 26, 42 и 63 дней, затем производили расчёт абсолютного и среднесуточного прироста живой массы. Результаты данного исследования представлены в таблице 2, на рисунке 4.



Рисунок 2 – Взвешивание птицы



Рисунок 3 – Определение веса яиц

Таблица 2 – Динамика развития живой массы перепелов

Показатель	Контроль	Опыт
Живая масса на начало опыта, г/гол.*	72,73	77,03
Динамика развития в возрасте с 14 по 21 сутки		
Живая масса, г/гол.	107,38	110,63
Абсолютный прирост, г/гол.	34,65	33,6
Среднесуточный прирост, г/гол.	4,95	4,8
Динамика развития в возрасте с 22 по 26 сутки		
Живая масса, г/гол.	191,3	194,42
Абсолютный прирост, г/гол.	118,57	117,39
Среднесуточный прирост, г/гол.	9,88	9,78
Динамика развития в возрасте с 27 по 42 сутки		
Живая масса, г/гол.	291,11	293,63
Абсолютный прирост, г/гол.	218,38	216,6
Среднесуточный прирост, г/гол.	7,79	7,73
Динамика развития в возрасте с 43 по 63 сутки		
Живая масса, г/гол.**	342,76	341,59
Абсолютный прирост, г/гол.	270,03	264,56
Среднесуточный прирост, г/гол.	5,51	5,40

Примечание: \* – различия статистически не значимы ( $p = 0,289915$ ) при формировании контрольной и опытной групп; \*\* – на конец опыта различия статистически не значимы ( $p = 0,945153$ ).

Из представленных данных видно, что выпойка специально обработанной воды не оказывает влияния на прирост живой массы перепелов. Наиболее интенсивный прирост живой массы в обеих группах отмечен в возрасте 22–26 недель, далее среднесуточный прирост снижался.

Важное значение в птицеводстве имеет скорость роста птицы. Для оценки энергии роста мы провели расчёт коэффициента роста (деление живой массы в конце опыта на начальную живую

массу птицы в начале опыта). Полученные данные свидетельствуют, что скорость роста контрольной и опытной групп была идентичной: 4,71 и 4,43 соответственно.

Одним из основных показателей, характеризующих продуктивные качества перепелов, является их яйценоскость.

Яйценоскость перепелов оценивали по началу периода яйценоскости и её интенсивности. Интенсивность яйценоскости определяли отноше-

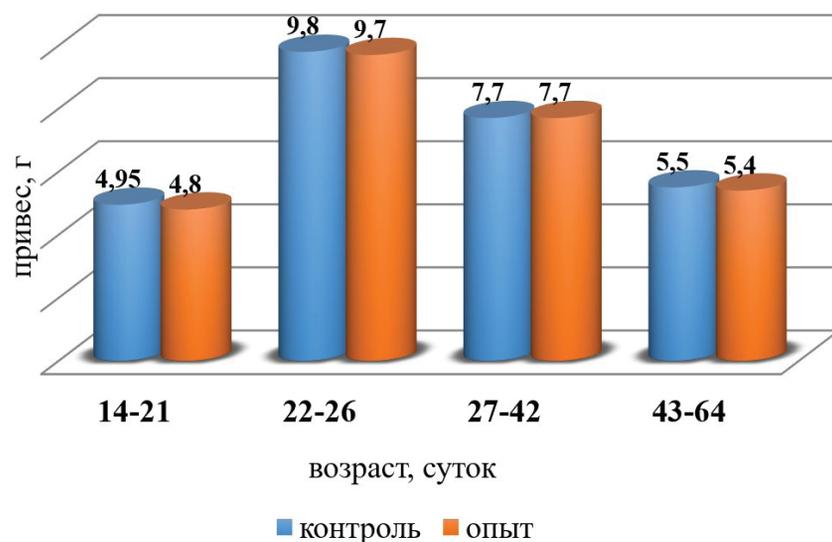


Рисунок 4 – Анализ среднесуточных привесов, г



Рисунок 5 – Яйца в яйцесборнике контрольной группы

нием количества снесённых яиц за определённый период (дней) к поголовью самок, выраженный в процентах.

Яйценоскость в контрольной и опытной группах наступила в возрасте 45 дней (рис. 5).

Нами был проведён учёт яйценоскости перепелов-несушек по возрастным периодам (табл. 3, рис. 6).

В начальном периоде интенсивность яйценоскости перепелов-несушек контрольной группы превышала яйценоскость несушек опытной группы на 56,5%. Однако в 56–65-дневном возрасте данный показатель у перепелов опытной группы значительно повысился и превысил интенсивность яйценоскости птицы контрольной группы на 20,14%, а в возрасте 66–77 дней – на 37,51%.

Таблица 3 – Интенсивность яйценоскости перепелов

Возраст птицы	Кол-во яиц, шт.		На 1 несушку		Интенсивность яйценоскости, %	
	Контроль	Опыт	9 гол.	10 гол.	Контроль	Опыт
45–55 (10 дн.)	35	22	3,89	2,2	38,9	22,0
56–65 (10 дн.)	51	68	5,66	6,8	56,6	68,0
66–77 (11 дн.)	65	99	7,2	9,9	65,45	90,0
Всего за период яйценоскости (33 дня)	151	189	16,78	18,9	50,85	57,27

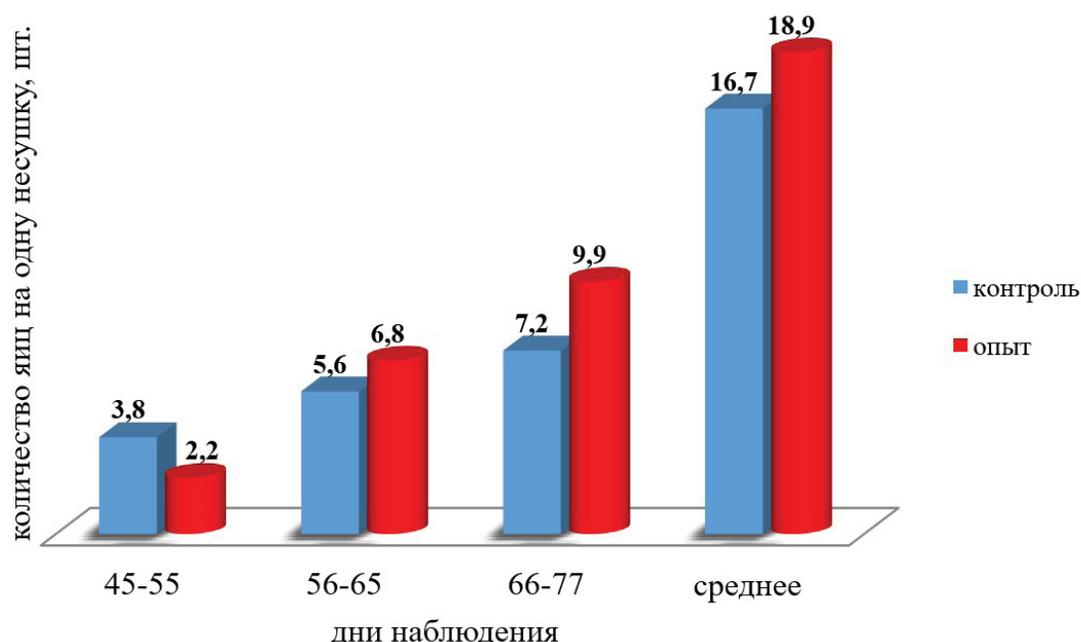


Рисунок 6 – Интенсивность яйценоскости по дням наблюдения

### Влияние специально обработанной воды на прирост живой массы и яйценоскость перепелов

За весь период наблюдения интенсивность яйценоскости несушек опытной группы была выше данного показателя контрольной группы на 12,6%.

Важным показателем при оценке уровня продуктивности птицы является масса яиц. На величину этого показателя, кроме возраста несушек, влияют также и условия кормления птицы. Наши исследования показали, что поедаемость кормов птицами контрольной группы составила 32,15 г/

гол. в сутки, опытной группы – 32,75 г/гол. Таким образом, в контрольной группе поедаемость комбикорма составила 82,43%, в опытной – 83,97% от рекомендуемой нормы.

Согласно данным, полученных нами в ходе исследования, масса яиц в обеих группах с возрастом увеличивалась. Причём масса яиц несушек опытной и контрольной групп отличалась незначительно (табл. 4).

Таблица 4 – Изменение массы яиц перепёлок контрольной и опытной групп в зависимости от возраста птицы

Возраст птицы, дней	Средняя масса одного яйца, г	
	Контроль	Опыт
45–55	10,94	11,64
56–65	11,49	11,67
66–77	11,99	12,1
45–77	11,47	11,80

Достоверной разности в массе яйца опытной и контрольной групп не выявлено.

**Выводы.** По результатам проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Динамика среднесуточных приростов массы перепелов в контрольной и опытной группах была однотипной и не имела существенных различий. Специально обработанная вода не оказывает отрицательного воздействия на динамику привесов.

2. Период яйценоскости начался в одно время – в возрасте 45 дней. В начальном периоде интенсивность яйценоскости у перепелов контр-

ольной группы превышала яйценоскость несушек опытной группы на 56,5%, с 56–65-дневного возраста данный показатель у перепёлок опытной группы превысил интенсивность яйценоскости птицы контрольной группы на 20,14%, а в возрасте 66–77 дней – на 37,51%. За весь период наблюдения интенсивность яйценоскости несушек опытной группы была выше данного показателя контрольной группы на 12,6%.

Таким образом, введение в рацион перепелов воды, прошедшей специальную обработку, оказывает влияние на интенсивность яйценоскости птицы в сторону её увеличения.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Воейков В. Л., Коротков К. Г. Новая наука о воде. URL: 2017 water preview.pdf (bio-well.com) (дата обращения: 23.05.2024).
2. Первый в мире водородный диспенсор для животных. URL: Первый в мире водородный диспенсор для животных (water-bottle.ru) (дата обращения: 23.05.2024).
3. Новоторов Е. Н., Присяжная Л. М. Факторы, влияющие на потребление воды птицей. URL: agromera\_dekabr.pdf (agromera-ark.ru) (дата обращения: 22.05.2024).
4. Фаращук Н. Ф. Вода как структурная матрица жизни // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2020. Т. 19, №1. С. 56–70. EDN VNTNKM.
5. Брездынюк А. Д., Селявин С. С., Трофимова Т. Г. Изменение окислительно-восстановительного потенциала жидких сред организма // Здоровье и образование в XXI веке. 2012. Т. 14, №1. С. 205–206. EDN QAJYCN.
6. Иксанова Т. И., Стехин А. А., Яковлева Г. В. [и др.] Продолжительность жизни гидробионтов *Daphnia magna* в неконтактно-активированной воде // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94, № 1. С. 41–45. EDN TSBQKF.
7. Гиберт К. К., Стехин А. А., Яковлева Г. В. [и др.] Сохранение электронодонорных свойств питьевой воды // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94, №3. С. 97–100. EDN TWEMBv.
8. Зацепина О. В., Ингель Ф. И., Стехин А. А. [и др.] Изменение физико-химических параметров питьевой воды путем мембранной электрохимической активации влечет за собой возникновение эффектов нестабильности генома *invitro* и *invivo* // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 3-6. С. 1783–1790. EDN RVFWOF.
9. ГОСТ 33215-2-14. Межгосударственный стандарт руководство по содержанию и уходу за лаборатор-

ными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными животными. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127789> (дата обращения: 20.05.2024).

10. Братских В. Г., Соболев А. З., Неведова В. Н. Страусы и перепелки. Разведение, содержание, бизнес. Ростов-на-Дону : Феникс, 2004. 320 с. ISBN 5-222-04180-8.

11. Харчук Ю. Х. Разведение и содержание перепелов. Ростов-на-Дону : Феникс, 2005. 96 с. ISBN 5-222-07498-6.

12. Пигарева М. Д. Разведение перепелов. М.: Россельхозиздат, 1978. 79 с.

13. Гадиев Р. Р., Хайруллина Л. Ш. Влияние НуПро на продуктивные показатели молодняка перепелов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 5 (43). С.153–155. EDN RHAAOV.

14. Голубев К. А. Содержание перепелов: руководство по уходу, кормлению и разведению. М.: АСТ, 2016. 63 с. ISBN 978-5-17-089547-2.

#### References

1. Voejkov V. L., Korotkov K. G. Novaya nauka o vode. URL: 2017 water preview.pdf (bio-well.com) (data obrashcheniya: 23.05.2024).

2. Pervyj v mire vodorodnyj dispensor dlya zhivotnyh. URL: Pervyj v mire vodorodnyj dispensor dlya zhivotnyh (water-bottle.ru) (data obrashcheniya: 23.05.2024).

3. Novotorov E. N., Prisyazhnaya L. M. Faktory, vliyayushchie na potreblenie vody pticej. URL: agromera\_dekabr.pdf (agromera-apk.ru) (data obrashcheniya: 22.05.2024).

4. Farashchuk N. F. Voda kak strukturnaya matrica zhizni // Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii. 2020. T. 19, №1. S. 56–70. EDN VNTNKM.

5. Brezdynyuk A. D., Selyavin S. S., Trofimova T. G. Izmenenie okislitel'no-vosstanovitel'nogo potentsiala zhidkih sred organizma // Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke. 2012. T. 14, №1. S. 205–206. EDN QAJYCN.

6. Iksanova T. I., Stekhin A. A., Yakovleva G. V. [i dr.] Prodolzhitel'nost' zhizni gidrobiontov Daphnia magna v nekontaktно-aktivirovannoj vode // Gigiena i sanitariya. 2015. T. 94, № 1. S. 41–45. EDN TSBQKF.

7. Gibert K. K., Stekhin A. A., Yakovleva G. V. [i dr.] Sohranenie elektronodonornyh svoystv pit'evoy vody // Gigiena i sanitariya. 2015. T. 94, №3. S. 97–100. EDN TWEMBV.

8. Zatsepina O. V., Ingel' F. I., Stekhin A. A. [i dr.] Izmenenie fiziko-himicheskikh parametrov pit'evoy vody putem membrannoj elektrohimicheskoy aktivacii vlechet za soboj vznikovenie effektov nestabil'nosti genoma invitro i invivo // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2013. T. 15, № 3-6. S. 1783–1790. EDN RVFWOF.

9. GOST 33215-2-14. Mezhhgosudarstvennyj standart rukovodstvo po sodержaniyu i uhodu za laboratornymi zhivotnymi. Pravila sodержaniya i uhoda za laboratornymi zhivotnymi. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127789> (data obrashcheniya: 20.05.2024).

10. Bratskikh V. G., Sobol' A. Z., Nefedova V. N. Strausy i perepelki. Razvedenie, sodержanie, biznes. Rostov-na-Donu : Feniks, 2004. 320 s. ISBN 5-222-04180-8.

11. Kharchuk Yu. Kh. Razvedenie i sodержanie perepelov. Rostov-na-Donu : Feniks, 2005. 96 s. ISBN 5-222-07498-6.

12. Pigareva M. D. Razvedenie perepelov. M.: Rossel'hozizdat, 1978. 79 s.

13. Gadiev R. R., Khajrullina L. Sh. Vliyanie NuPro na produktivnye pokazateli molodnyaka perepelov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 5 (43). S.153–155. EDN RHAAOV.

14. Golubev K. A. Soderzhanie perepelov: rukovodstvo po uhodu, kormleniyu i razvedeniyu. M.: AST, 2016. 63 s. ISBN 978-5-17-089547-2.

#### Сведения об авторах

**Гусейн Эльчин оглы Ализаде** – генеральный директор, Общество с ограниченной ответственностью «ГИР-КАН».

**Татьяна Валентиновна Новикова** – доктор ветеринарных наук, профессор, декан факультета ветеринарной медицины и биотехнологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», spm-код: 2305-0847.

**Юлия Александровна Воеводина** – кандидат ветеринарных наук, доцент, заведующий кафедрой эпизоотологии и микробиологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», spm-код: 8244-7250.

**Татьяна Павловна Рыжакина** – кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры внутренних незаразных болезней, хирургии и акушерства, Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», spin-код: 5549-9567.

**Светлана Викторовна Шестакова** – кандидат ветеринарных наук, доцент, доцент кафедры эпизоотологии и микробиологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», spin-код: 9808-3520.

*Information about the authors*

**Huseyn E. Alizadeh** – General Director, Limited Liability Company "GIRKAN".

**Tatyana V. Novikova** – Doctor of Veterinary Sciences, Full Professor, Dean of the Faculty of Veterinary Medicine and Biotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin", spin-code: 2305-0847.

**Yuliya A. Voyevodina** – Candidate of Veterinary Sciences, Docent, Head of the Department of Epizootology and Microbiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin", spin-code: 8244-7250.

**Tatyana P. Ryzhakina** – Candidate of Veterinary Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Internal Non-Communicable Diseases, Surgery and Obstetrics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin", spin-code: 5549-9567.

**Svetlana V. Shestakova** – Candidate of Veterinary Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Epizootology and Microbiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin", spin-code: 9808-3520.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.



Научная статья  
УДК 636.084.4  
doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.006

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОБИОТИКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

**И. Н. Сычева<sup>1</sup>, Е. В. Казакова<sup>2</sup>, Е. С. Латынина<sup>3</sup>, Д. В. Свистунов<sup>4</sup>, Н. С. Артюхова<sup>5</sup>**  
<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ирина Николаевна Сычева, K\_marina4@mail.ru

**Реферат.** На сегодняшний день развитие современных технологий в сельском хозяйстве сопровождается активным производством и расширением сфер применения пробиотических препаратов, которые благодаря своим уникальным свойствам находят всё более широкое применение в практике животноводства. За последние несколько лет они были признаны альтернативами антибиотикам в животноводстве на основании того, что, применяя значительное количество определённых полезных бактерий, возможно подавлять рост патогенных бактерий и предупреждать доступ патогенов в желудочно-кишечный тракт животного, при этом они не оставляют токсичных остаточных веществ и не вызывают отрицательных побочных явлений в организме. Данный обзор направлен на изучение влияния дополнения рационов жвачных животных пробиотическими препаратами. Установлено, что эти альтернативные добавки благотворно воздействуют как на здоровье животных, так и на их продуктивность, а именно: влияют на стабилизацию среды рубца, ингибирование размножения патогенных бактерий в желудочно-кишечном тракте, модуляцию иммунного ответа, усиление ферментации, доступность и использование питательных веществ, рост животных и производство продукции. Исследователи установили, что применение пробиотиков может способствовать повышению качества молока, улучшению показателей роста, увеличению среднесуточного привеса, повышению эффективности кормления и снижению случаев диареи у жвачных. Таким образом, обогащение рационов комплексом биологически активных веществ в виде пробиотических кормовых добавок является простой и в то же время эффективной возможностью повысить продуктивность сельскохозяйственных животных. В связи с этим необходимо более глубокое изучение действия того или иного препарата, а также взаимодействия различных компонентов, входящих в состав биологически активных веществ, во избежание каких-либо побочных негативных последствий для здоровья животных или получаемого от них продукта.

*Ключевые слова:* пробиотики, животноводство, крупный рогатый скот, пищеварение, иммунитет, продуктивность

## USE OF PROBIOTICS TO INCREASE THE PRODUCTIVE QUALITIES OF FARM ANIMALS

**I. N. Sycheva<sup>1</sup>, E. V. Kazakova<sup>2</sup>, E. S. Latynina<sup>3</sup>, D. V. Svistunov<sup>4</sup>, N. S. Artyukhova<sup>5</sup>**  
<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,  
Moscow, Russia

Author responsible for the correspondence: Irina N. Sycheva, K\_marina4@mail.ru

**Abstract.** Today, the development of modern technologies in agriculture is accompanied by active production and expansion of the scope of probiotic preparations, which due to their unique properties, are increasingly used in animal husbandry practice. Over the past few years, they have been recognized as alternatives to antibiotics in animal husbandry on the basis that, using a significant amount of certain beneficial bacteria, it is possible to suppress the growth of pathogenic bacteria and prevent pathogens from entering the animal's gastrointestinal tract, while they do not leave toxic residues and do not cause negative side effects in the body. This review is aimed at studying the effect of supplementing ruminant diets with probiotic preparations. These alternative additives have been found to have beneficial effects on both animal health and

productivity, namely, stabilization of the rumen environment, inhibition of pathogenic bacteria generation in the gastrointestinal tract, modulation of the immune response, increased fermentation, availability and use of nutrients, animal growth and production. The researchers found that the use of probiotics can help increase milk quality, improve growth performance, increase the average daily weight gain, increase feed efficiency and reduce diarrhea in ruminants. Thus, enriching diets with a complex of biologically active substances in the form of probiotic feed additives is a simple and at the same time effective opportunity to increase the productivity of farm animals. In this regard, a deeper study of the effect of a particular drug, as well as the interaction of various components that make up biologically active substances, is necessary in order to avoid any negative side effects on animal health or the product obtained from them.

**Keywords:** probiotics, animal husbandry, cattle, digestion, immunity, productivity

**Введение.** Несомненно, кормление сельскохозяйственных животных имеет решающее значение в развитии отрасли животноводства, в связи с этим во всём мире проводятся многочисленные исследования, направленные на улучшение его эффективности, посредством применения разнообразных биологически активных кормовых добавок [3]. Кормовые добавки позволяют улучшить качество корма для сельскохозяйственных животных, повысить их продуктивность, здоровье и общее самочувствие. Вопрос об использовании стимуляторов роста и антибиотиков в качестве кормовой добавки для скота был поставлен под сомнение в связи с появлением и передачей устойчивых к противомикробным препаратам бактерий, способных создать угрозу для здоровья сельскохозяйственных животных и конечных потребителей полученной от данных животных продукции. После запрета антибиотиков в кормах европейским законодательством в 2006 году появилась потребность в других терапевтических и профилактических альтернативах. Значительный интерес многих исследователей был направлен на пробиотические, пребиотические и симбиотические средства в качестве возможной альтернативы антибиотическим препаратам в отрасли животноводства [4].

Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов определило пробиотики как кормовые добавки, которые содержат или являются естественным источником жизнеспособных микроорганизмов. Они описываются как нетоксичные, непатогенные и в целом являются безопасными. За последние несколько лет они были признаны альтернативами антибиотикам в животноводстве на основании того, что в результате применения значительного количества определённых полезных бактерий возможно подавлять рост патогенных бактерий и предупреждать доступ патогенов в желудочно-кишечный тракт животного [5], а также они не оставляют токсичных остаточных веществ и не влекут отрицательных побочных явлений в организме. Их прохождение через желудочно-кишечный тракт животных количественно и качественно влияет на кишечный микробиом, модифицируя иммунную систему и улучшая здоровье и продуктивность.

#### **Распространённые штаммы пробиотиков и механизм их действия**

Несмотря на то, что большинство микроорганизмов имеют пробиотический потенциал, наиболее распространёнными в кормлении сельскохозяйственных животных на сегодняшний день являются: *Bifidobacteria*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* и *Lactobacillus*, *Aspergillus oryzae*, *Candida pintolopesii*, *Saccharomyces cerevisiae* и *boulardii* [6; 7]. Многочисленными исследованиями также установлено, что полиштаммовые пробиотические препараты оказывают наиболее выраженный эффект на здоровье и продуктивность сельскохозяйственных животных, в сравнении с моноштаммовыми средствами [8; 9]. Полиштаммовые пробиотики продемонстрировали значительную эффективность в стимуляции иммунной системы и её функций, конкурируя с другими микроорганизмами за питательные вещества, проявляя бактерицидную и антибактериальную активность и конкурируя за место прикрепления. Примеры коммерческих полиштаммовых пробиотиков включают PoultryStar ME, содержащий *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus reuteri*, *L. salivarius* и *Enterococcus faecium*; PrimaLac, содержащий *Bifidobacterium thermophilum*, *E. faecium* и *Lactobacillus spp.*, и Microguard, содержащий различные виды *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Saccharomyces*, *Bifidobacterium* и *Streptococcus* [10–14].

Механизм действия пробиотических препаратов направлен на колонизацию ЖКТ животного протоцеллами, выполняющими неспецифический контроль условно-патогенной микрофлоры, посредством регулирования её в составе микробиота кишечника. Таким образом, использование пробиотических препаратов в кормлении сельскохозяйственных животных оказывает содействие для развития полезной микрофлоры в желудочно-кишечном тракте, которая, прикрепляясь к эпителиальным клеткам желудка и кишечника, обеззараживает токсины, участвует в синтезе витаминов и аминокислот, в результате чего способствует усвоению питательных веществ для повышения эффективности преобразования корма,

и, как результат, происходит повышение продуктивных качеств животного [15].

Кишечная микробиота играет решающую роль в защите своего хозяина от патогенных микробов, занимая места адгезии, производя антибактериальные вещества и потребляя питательные вещества. Когда кишечная микробиота становится ненормальной, вредные микроорганизмы чрезмерно размножаются и в конечном итоге вызывают значительный окислительный стресс. Окислительный стресс означает, что внутриклеточные уровни радикалов кислорода увеличиваются, что приводит к повреждению липидов, белков и ДНК, и это связано со многими патологическими состояниями, а также с повышенными уровнями активных форм кислорода (АФК) и липидов, перекисное окисление. Производство свободных радикалов высокого уровня в кишечнике будет оказывать цитотоксическое действие на фосфолипиды мембран эпителиальных клеток кишечника. Пробиотики могут продуцировать различные виды антиоксидантных метаболитов, такие как глутатион, бутират и фолат. Кроме того, пробиотики являются важными факторами, которые влияют на окислительный статус кишечника, проявляя прямые антиоксидантные свойства и индуцируя внутреннюю сигнальную антиоксидантную защиту организма. Установлено, что пробиотик *B. coagulans* может облегчать окислительный стресс за счёт повышения активности миелопероксидазы и антисупероксидного анион-свободного радикала, снижения содержания малонового диальдегида, контроля уровней регуляции транскрипции антиоксидантных ферментов. Сообщалось, что несколько типов тяжёлых металлов, таких как кадмий и ртуть, вызывают окислительный стресс, индуцируя выработку АФК. Одна из наиболее важных причин заключается в том, что тяжёлые металлы влияют на некоторые ключевые ферменты антиоксидантной системы, такие как супероксиддисмутаза. Некоторые пробиотики, принадлежащие к грамположительным бактериям, могут снять этот окислительный стресс, связывая тяжёлые металлы [16–18].

#### **Применение пробиотических препаратов в кормлении жвачных животных**

Установлено, что пищеварительный тракт полигастрических животных содержит порядка пяти тысяч разнообразных видов бактерий, при этом их рубец населяют, многочисленные популяции анаэробных микроорганизмов [19]. Различные проблемы со здоровьем у скота могут быть связаны с нездоровым или несбалансированным микробиомом их кишечника. На сегодняшний день изучается множество новых подходов к улучшению состояния микробиома пищеварительного тракта жвачных животных, в частности рубца.

Предполагается, что применение пробиотиков может способствовать повышению качества молока, улучшению показателей роста, увеличению среднесуточного привеса, повышению эффективности кормления и снижению случаев диареи у жвачных. Так, применение мультивидового пробиотического препарата, в состав которого входит пять различных штаммов бактерий: *E. faecium*, *P. acidilactici*, *B. bifidum*, *L. casei* и *L. Acidophilus*, смесь ферментов и натуральный ароматизатор, экстракты мёртвых дрожжей и пептидов, а также сухая сыворотка – нормализовало состояние молочных телят, страдающих диареей и повысило их среднесуточные привесы [20–22]. В эксперименте на буйволах после добавления полиштаммового пробиотика, содержащего шесть бактериальных штаммов (*Streptococcus faecium*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus lactis*) и два штамма дрожжей (*Aspergillus oryzae*, *Saccharomyces cerevisiae*), не наблюдалось значительных изменений в отношении показателей прироста их живой массы и потребления корма, однако был установлен высокий среднесуточный удой и сниженный коэффициент конверсии корма [23].

Кроме того, Kembabazi et al. [24] обнаружили, что смесь *Lactobacilli plantarum* и *Saccharomyces cerevisiae* способствуют устойчиво низкой концентрации лактата в рубце, тем самым обеспечивая среду с низким рН для активности *S. cerevisiae*, которая часто увеличивает количество бактерий в рубце, конкурируя с бактериями, утилизирующими крахмал, и создавая благоприятные условия для целлюлозолитической активности бактерий, что в результате приводит к увеличению использования корма.

В другом исследовании Olchoway et al. [25] было изучено влияние жидких распыляемых пробиотиков, содержащих мультивидовые, мультиштаммовые бактерии и дрожжи – *Lactobacillus spp.* (*L. parafarraginis*, *L. buchneri*, *L. rafi*, *L. Zeae*, минимальная концентрация каждого штамма составляла  $10^6$  КОЕ/мл), *Acetobacter fabarum* (минимальная концентрация  $10^5$  КОЕ/мл) и *Candida ethanolica* (минимальная концентрация  $10^6$  КОЕ/мл) – в качестве подкормки пастбищ для лактирующих молочных коров, на качественные и количественные показатели их молока. Было установлено, что коровы, содержащиеся на данных пастбищах, давали значительно больший объём молока высокого качества (по содержанию белка и жира). Немного ранее Deng Q. et al. [26] оценили влияние интравагинального введения пробиотиков (смеси молочнокислых бактерий, содержащей *Lactobacillus samei*, *P. acidilactici FUA3138*

и *P. acidilactici*) перед отёлом на метаболический статус и увеличение молочной продуктивности молочных коров в переходный период [27; 28].

Тем не менее, несмотря на клиническую результативность пробиотических средств, также должна быть обеспечена безопасность применяемых микроорганизмов. Это говорит о том, что оценке факторов риска конкретного штамма необходимо уделять должное внимание. Большинство пробиотических штаммов получили статус «общепризнанных безопасных» (GRAS) из-за продолжительного времени использования их в качестве пробиотиков [29], однако нельзя исключать, что каждый новый пробиотик может обладать нежелательными свойствами, такими как факторы вирулентности, переносимая устойчивость к противомикробным препаратам, гемолитический потенциал и производство токсичных биохимических веществ [30]. Кроме того, адекватного внимания заслуживает оценка идентичности штамма в сочетании со способом идентификации штам-

ма. Следует также тщательно изучить потенциал трансмиграции штамма через желудочно-кишечный барьер, что может привести к инвазивной оппортунистической инфекции [31]. Среди других потенциальных факторов риска, на которые следует обратить внимание, относится способность передавать приобретённую устойчивость к противомикробным препаратам, возможность стимулирования вредных метаболических эффектов, чрезмерная иммунная стимуляция, детерминанты вирулентности и токсигенность конкретного штамма, уровень чистоты продукта и колонизация, а также генетическая стабильность штамма во времени [32; 33].

**Выводы.** Результаты анализа литературных источников по эффективности применения пробиотических препаратов свидетельствуют о том, что включение последних в рационы сельскохозяйственных животных сопровождается повышением их продуктивных качеств, при отсутствии негативно-го воздействия.

#### Список источников

1. Alayande K. A., Aiyegoro O. A., Ateba C. N. Probiotics in Animal Husbandry: Applicability and Associated Risk Factors // Sustainability. 2020. № 12 (3). P. 1087. DOI 10.3390/su12031087.
2. Дускаев Г. К., Левахин Г. И., Королёв В. Л. [и др.] Использование пробиотиков и растительных экстрактов для улучшения продуктивности жвачных животных (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2019. Т. 102, № 1. С. 136–148. DOI 10.33284/2658-3135-102-1-136.
3. Hu Y., Cheng H., Tao S. Environmental and human health challenges of industrial livestock and poultry farming in China and their mitigation // Environment International. 2017. № 107. P. 111–130. DOI 10.1016/j.envint.2017.07.003.
4. Cholewińska P., Czyż K., Nowakowski P. [et al.] The microbiome of the digestive system of ruminants – a review // Animal Health Research Reviews. 2020. № 21 (1). P. 3–14. DOI 10.1017/S1466252319000069.
5. Khan R. U., Naz S., Dhama K. [et al.] Direct-Fed Microbial: Beneficial Applications, Modes of Action and Prospects as a Safe Tool for Enhancing Ruminant Production and Safeguarding Health // International Journal of Pharmacology. 2016. Vol. 12, Is. 3. P. 220–231. DOI 10.3923/ijp.2016.220.231.
6. Llewellyn M. S., Boutin S., Hoseinifar S. H. [et al.] Teleost microbiomes: the state of the art in their characterization, manipulation and importance in aquaculture and fisheries // Frontiers in microbiology. 2014. Vol. 5:207. DOI 10.3389/fmicb.2014.00207.
7. Mookiah S., Siew C. C., Ramasamy K. [et al.] Effects of dietary prebiotics, probiotic and synbiotics on performance, caecal bacterial populations and caecal fermentation concentrations of broiler chickens // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2014. № 94 (2). P. 341–348. DOI 10.1002/jsfa.6365.
8. Doan H. V., Hoseinifar S. H., Dawood M. A. O. [et al.] Effects of Cordyceps militaris spent mushroom substrate and Lactobacillus plantarum on mucosal, serum immunology and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) // Fish & Shellfish Immunology. 2017. Vol. 70. P. 87–94. DOI 10.1016/j.fsi.2017.09.002.
9. Zorriehzahra M. J., Delshad S. T., Adel M. [et al.] Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: an update on their multiple modes of action: a review // Veterinary Quarterly. 2016. Vol. 36, Is. 4. P. 228–241. DOI 10.1080/01652176.2016.1172132.
10. Douillard F. P., Mora D., Eijlander R. T. [et al.] Comparative genomic analysis of the multispecies probiotic-marketed product VSL#3 // PLoS ONE. 2018. № 13 (2). e0192452. DOI 10.1371/journal.pone.0192452.
11. Soltani S., Hammami R., Cotter P. D. [et al.] Bacteriocins as a new generation of antimicrobials: toxicity aspects and regulations // FEMS Microbiology Reviews. 2021. Vol. 45, Is. 1. fuaa039. DOI 10.1093/femsre/fuua039.
12. Melo-Bolívar J. F., Ruiz Pardo R. Y., Hume M. E. [et al.] Multistrain probiotics use in main commercially cultured freshwater fish: a systematic review of evidence // Reviews in Aquaculture. 2021. Vol. 13, Is. 4. P. 1758–1780. DOI 10.1111/raq.12543.

13. Astolfi M. L., Protano C., Schiavi E. [et al.] A prophylactic multi-strain probiotic treatment to reduce the absorption of toxic elements: In-vitro study and biomonitoring of breast milk and infant stools // *Environment International*. 2019. Vol. 130. 104818. DOI 10.1016/j.envint.2019.05.012.
14. Daisley B. A., Monachese M., Trinder M. [et al.] Immobilization of cadmium and lead by *Lactobacillus rhamnosus* GR-1 mitigates apical-to-basolateral heavy metal translocation in a Caco-2 model of the intestinal epithelium // *Gut Microbes*. 2019. Vol. 10, Is. 3. P. 321–333. DOI 10.1080/19490976.2018.1526581.
15. Rahman M. M., Sykiotis G. P., Nishimura M. [et al.] Declining signal dependence of Nrf2-MafS-regulated gene expression correlates with aging phenotypes // *Aging Cell homepage*. 2013. Vol. 12, Is. 3. P. 554–562. DOI 10.1111/accel.12078.
16. Zhou Y., Zeng Z., Xu Y. [et al.] Application of *Bacillus coagulans* in Animal Husbandry and Its Underlying Mechanisms // *Animals*. 2020. Vol. 10, Is. 3. P. 454. DOI 10.3390/ani10030454.
17. Hoseinifar S. H., Sun Y.-Z., Wang A. [et al.] Probiotics as Means of Diseases Control in Aquaculture, a Review of Current Knowledge and Future Perspectives // *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. 2429. DOI 10.3389/fmicb.2018.02429.
18. Mbarga M. J. Arsène, Anyoutoulou K. L. Davares, Smolyakova L. A. [et al.] The use of probiotics in animal feeding for safe production and as potential alternatives to antibiotics // *Veterinary World*. 2021. № 14 (2). P. 319–328. DOI 10.14202/vetworld.2021.319-328.
19. Liu K., Zhang Y., Yu Z. [et al.] Ruminant microbiota-host interaction and its effect on nutrient metabolism // *Animal Nutrition*. 2021. Vol. 7, Is. 1. P. 49–55. DOI 10.1016/j.aninu.2020.12.001.
20. Renaud D. L., Kelton D. F., Weese J. S. [et al.] Evaluation of a multispecies probiotic as a supportive treatment for diarrhea in dairy calves: A randomized clinical trial // *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102, Is. 5. P. 4498–4505. DOI 10.3168/jds.2018-15793.
21. Сычева И. Н. Свойства шерсти волгоградских овец с разным цветом жиропота // *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2007. № 4. С. 51. EDN ОКЕТСР.
22. Проскурнина А. Н., Сычева И. Н. Молочная продуктивность альпийской и англо-нубийской пород коз в условиях экофермы «Милкин дом» Московской области // *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2016. № 4. С. 33–35. EDN XDNFBJ.
23. Naidu Y., Ananda Rao K., Venkata Seshaiha Ch. [et al.] Effect of Feeding Multi-Strain Probiotic on Feed Intake and Milk Production Performance in Murrah Buffaloes // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2021. Vol. 10, Is. 5. P. 409–417. DOI 10.20546/ijcmas.2021.1005.048.
24. Kembabazi B., Ondiek J. O., Migwi P. K. Effect of single or mixed strain probiotics on milk yield of dairy cows // *Livestock Research for Rural Development*. 2021. Vol. 33 (1). URL: <https://www.lrrd.org/lrrd33/1/brend3307.html> (дата обращения: 04.03.2024).
25. Olchowoy T. W. J., Soust M., Alawneh J. The effect of a commercial probiotic product on the milk quality of dairy cows // *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102, Is. 3. P. 2188–2195. DOI 10.3168/jds.2018-15411.
26. Deng Q., Odhiambo J. F., Farooq U. [et al.] Intravaginal probiotics modulated metabolic status and improved milk production and composition of transition dairy cows // *Journal of Animal Science*. 2016. Vol. 94, Is. 2. P. 760–770. DOI 10.2527/jas.2015-9650.
27. Maamouri O., Selmi H., M'hamdi N. Effects of Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Feed Supplement on Milk Production and its Composition in Tunisian Holstein Friesian Cows // *Scientia Agriculturae Bohemica*. 2014. № 45. P. 170–174. DOI 10.2478/sab-2014-0104.
28. Ayad M. A., Benallou B., Saim M. S. [et al.] Impact of Feeding Yeast Culture on Milk Yield, Milk Components, and Blood Components in Algerian Dairy Herds // *Journal of Veterinary Science and Technology*. 2013. № 4 (2). P. 135–140. DOI 10.4172/2157-7579.1000135.
29. Plessas S., Nouska C., Karapetsas A. [et al.] Isolation, characterization and evaluation of the probiotic potential of a novel *Lactobacillus* strain isolated from Feta-type cheese // *Food Chemistry*. 2017. Vol. 226. P. 102–108. DOI 10.1016/j.foodchem.2017.01.052.
30. Lee S., Lee J., Jin Y.-I. [et al.] Probiotic characteristics of *Bacillus* strains isolated from Korean traditional soy sauce // *LWT – Food Science and Technology*. 2017. Vol. 79. P. 518–524. DOI 10.1016/j.lwt.2016.08.040.
31. Huys G., Botteldoorn N., Delvigne F. [et al.] Microbial characterization of probiotics-Advisory report of the Working Group “8651 Probiotics” of the Belgian Superior Health Council (SHC) // *Molecular Nutrition Food Research*. 2013. Vol. 57, Is. 8. P. 1479–1504. DOI 10.1002/mnfr.201300065.
32. Chang X., Lambo M. T., Liu D. [et al.] The study of the potential application of nanofiber microcapsules loading *Lactobacillus* in targeted delivery of digestive tract in vitro // *LWT*. 2021. Vol. 148. 111692. DOI 10.1016/j.lwt.2021.111692.
33. Sornplang P., Piyadeatsoontorn S. Probiotic isolates from unconventional sources: a review // *Journal of Animal Science Technology*. 2016. № 58. P. 26. DOI 10.1186/s40781-016-0108-2.

## References

1. Alayande K. A., Aiyegoro O. A., Ateba C. N. Probiotics in Animal Husbandry: Applicability and Associated Risk Factors // Sustainability. 2020. № 12 (3). P. 1087. DOI 10.3390/su12031087.
2. Duskaev G. K., Levakhin G. I., Korolev V. L. [i dr.] Ispol'zovanie probiotikov i rastitel'nykh jekstraktov dlja uluchsheniya produktivnosti zhvachnykh zhivotnykh (obzor) // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. 2019. T. 102, № 1. S. 136–148. DOI 10.33284/2658-3135-102-1-136.
3. Hu Y., Cheng H., Tao S. Environmental and human health challenges of industrial livestock and poultry farming in China and their mitigation // Environment International. 2017. № 107. P. 111–130. DOI 10.1016/j.envint.2017.07.003.
4. Cholewińska P., Czyż K., Nowakowski P. [et al.] The microbiome of the digestive system of ruminants – a review // Animal Health Research Reviews. 2020. № 21 (1). P. 3–14. DOI 10.1017/S1466252319000069.
5. Khan R. U., Naz S., Dhama K. [et al.] Direct-Fed Microbial: Beneficial Applications, Modes of Action and Prospects as a Safe Tool for Enhancing Ruminant Production and Safeguarding Health // International Journal of Pharmacology. 2016. Vol. 12, Is. 3. P. 220–231. DOI 10.3923/ijp.2016.220.231.
6. Llewellyn M. S., Boutin S., Hoseinifar S. H. [et al.] Teleost microbiomes: the state of the art in their characterization, manipulation and importance in aquaculture and fisheries // Frontiers in microbiology. 2014. Vol. 5:207. DOI 10.3389/fmicb.2014.00207.
7. Mookiah S., Siew C. C., Ramasamy K. [et al.] Effects of dietary prebiotics, probiotic and synbiotics on performance, caecal bacterial populations and caecal fermentation concentrations of broiler chickens // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2014. № 94 (2). P. 341–348. DOI 10.1002/jsfa.6365.
8. Doan H. V., Hoseinifar S. H., Dawood M. A. O. [et al.] Effects of Cordyceps militaris spent mushroom substrate and Lactobacillus plantarum on mucosal, serum immunology and growth performance of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) // Fish & Shellfish Immunology. 2017. Vol. 70. P. 87–94. DOI 10.1016/j.fsi.2017.09.002.
9. Zorriehzaha M. J., Delshad S. T., Adel M. [et al.] Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: an update on their multiple modes of action: a review // Veterinary Quarterly. 2016. Vol. 36, Is. 4. P. 228–241. DOI 10.1080/01652176.2016.1172132.
10. Douillard F. P., Mora D., Eijlander R. T. [et al.] Comparative genomic analysis of the multispecies probiotic-marketed product VSL#3 // PLoS ONE. 2018. № 13 (2). e0192452. DOI 10.1371/journal.pone.0192452.
11. Soltani S., Hammami R., Cotter P. D. [et al.] Bacteriocins as a new generation of antimicrobials: toxicity aspects and regulations // FEMS Microbiology Reviews. 2021. Vol. 45, Is. 1. fuaa039. DOI 10.1093/femsre/fuaa039.
12. Melo-Bolívar J. F., Ruiz Pardo R. Y., Hume M. E. [et al.] Multistrain probiotics use in main commercially cultured freshwater fish: a systematic review of evidence // Reviews in Aquaculture. 2021. Vol. 13, Is. 4. P. 1758–1780. DOI 10.1111/raq.12543.
13. Astolfi M. L., Protano C., Schiavi E. [et al.] A prophylactic multi-strain probiotic treatment to reduce the absorption of toxic elements: In-vitro study and biomonitoring of breast milk and infant stools // Environment International. 2019. Vol. 130. 104818. DOI 10.1016/j.envint.2019.05.012.
14. Daisley B. A., Monachese M., Trinder M. [et al.] Immobilization of cadmium and lead by *Lactobacillus rhamnosus* GR-1 mitigates apical-to-basolateral heavy metal translocation in a Caco-2 model of the intestinal epithelium // Gut Microbes. 2019. Vol. 10, Is. 3. P. 321–333. DOI 10.1080/19490976.2018.1526581.
15. Rahman M. M., Sykiotis G. P., Nishimura M. [et al.] Declining signal dependence of Nrf2-MafS-regulated gene expression correlates with aging phenotypes // Aging Cell homepage. 2013. Vol. 12, Is. 3. P. 554–562. DOI 10.1111/accel.12078.
16. Zhou Y., Zeng Z., Xu Y. [et al.] Application of Bacillus coagulans in Animal Husbandry and Its Underlying Mechanisms // Animals. 2020. Vol. 10, Is. 3. P. 454. DOI 10.3390/ani10030454.
17. Hoseinifar S. H., Sun Y.-Z., Wang A. [et al.] Probiotics as Means of Diseases Control in Aquaculture, a Review of Current Knowledge and Future Perspectives // Frontiers in Microbiology. 2018. Vol. 9. 2429. DOI 10.3389/fmicb.2018.02429.
18. Mbarga M. J. Arsène, Anyutoulou K. L. Davares, Smolyakova L. A. [et al.] The use of probiotics in animal feeding for safe production and as potential alternatives to antibiotics // Veterinary World. 2021. № 14 (2). P. 319–328. DOI 10.14202/vetworld.2021.319-328.
19. Liu K., Zhang Y., Yu Z. [et al.] Ruminal microbiota-host interaction and its effect on nutrient metabolism // Animal Nutrition. 2021. Vol. 7, Is. 1. P. 49–55. DOI 10.1016/j.aninu.2020.12.001.
20. Renaud D. L., Kelton D. F., Weese J. S. [et al.] Evaluation of a multispecies probiotic as a supportive treatment for diarrhea in dairy calves: A randomized clinical trial // Journal of Dairy Science. 2019. Vol. 102, Is. 5. P. 4498–4505. DOI 10.3168/jds.2018-15793.
21. Sycheva I. N. Svoystva shersti volgogradskih ovec s raznym cvetom zhiropota // Ovcy, kozy, sherstjanoe delo. 2007. № 4. S. 51. EDN OKETCP.

22. Proskurnina A. N., Sycheva I. N. Molochnaja produktivnost' al'pijskoj i anglo-nubijskoj porod koz v uslovijah jekofermy «Milkin dom» Moskovskoj oblasti // Овцы, козы, шерстяное дело. 2016. № 4. С. 33–35. EDN XDNFBJ.
23. Naidu Y., Ananda Rao K., Venkata Seshaiiah Ch. [et al.] Effect of Feeding Multi-Strain Probiotic on Feed Intake and Milk Production Performance in Murrah Buffaloes // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2021. Vol. 10, Is. 5. P. 409–417. DOI 10.20546/ijcmas.2021.1005.048.
24. Kembabazi B., Ondiek J. O., Migwi P. K. Effect of single or mixed strain probiotics on milk yield of dairy cows // Livestock Research for Rural Development. 2021. Vol. 33 (1). URL: <https://www.lrrd.org/lrrd33/1/brend3307.html> (дата обращения: 04.03.2024).
25. Olchoway T. W. J., Soust M., Alawneh J. The effect of a commercial probiotic product on the milk quality of dairy cows // Journal of Dairy Science. 2019. Vol. 102, Is. 3. P. 2188–2195. DOI 10.3168/jds.2018-15411.
26. Deng Q., Odhiambo J. F., Farooq U. [et al.] Intravaginal probiotics modulated metabolic status and improved milk production and composition of transition dairy cows // Journal of Animal Science. 2016. Vol. 94, Is. 2. P. 760–770. DOI 10.2527/jas.2015-9650.
27. Maamouri O., Selmi H., M'hamdi N. Effects of Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Feed Supplement on Milk Production and its Composition in Tunisian Holstein Friesian Cows // Scientia Agriculturae Bohemica. 2014. № 45. P. 170–174. DOI 10.2478/sab-2014-0104.
28. Ayad M. A., Benallou B., Saim M. S. [et al.] Impact of Feeding Yeast Culture on Milk Yield, Milk Components, and Blood Components in Algerian Dairy Herds // Journal of Veterinary Science and Technology. 2013. № 4 (2). P. 135–140. DOI 10.4172/2157-7579.1000135.
29. Plessas S., Nouska C., Karapetsas A. [et al.] Isolation, characterization and evaluation of the probiotic potential of a novel Lactobacillus strain isolated from Feta-type cheese // Food Chemistry. 2017. Vol. 226. P. 102–108. DOI 10.1016/j.foodchem.2017.01.052.
30. Lee S., Lee J., Jin Y.-I. [et al.] Probiotic characteristics of Bacillus strains isolated from Korean traditional soy sauce // LWT – Food Science and Technology. 2017. Vol. 79. P. 518–524. DOI 10.1016/j.lwt.2016.08.040.
31. Huys G., Botteldoorn N., Delvigne F. [et al.] Microbial characterization of probiotics-Advisory report of the Working Group “8651 Probiotics” of the Belgian Superior Health Council (SHC) // Molecular Nutrition Food Research. 2013. Vol. 57, Is. 8. P. 1479–1504. DOI 10.1002/mnfr.201300065.
32. Chang X., Lambo M. T., Liu D. [et al.] The study of the potential application of nanofiber microcapsules loading lactobacillus in targeted delivery of digestive tract in vitro // LWT. 2021. Vol. 148. 111692. DOI 10.1016/j.lwt.2021.111692.
33. Sornplang P., Piyadeatsoontorn S. Probiotic isolates from unconventional sources: a review // Journal of Animal Science Technology. 2016. № 58. P. 26. DOI 10.1186/s40781-016-0108-2.

#### Сведения об авторах

**Ирина Николаевна Сычева** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», spin-код: 7049-6721.

**Екатерина Владимировна Казакова** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», spin-код: 9254-5064.

**Евгения Сергеевна Латынина** – кандидат ветеринарных наук, преподаватель кафедры ветеринарной медицины, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», spin-код: 7750-5826.

**Дмитрий Валерьевич Свистунов** – ассистент кафедры ветеринарной медицины, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», spin-код: 4250-7506.

**Наталья Сергеевна Артюхова** – старший преподаватель кафедры русского языка как иностранного и общетеоретических дисциплин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», spin-код: 5807-4126.

#### Information about the authors

**Irina N. Sycheva** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Private Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Russian Timiryazev State Agrarian University”, spin-code: 7049-6721.

**Ekaterina V. Kazakova** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Livestock Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Timiryazev State Agrarian University", spin-code: 9254-5064.

**Evgeniya S. Latynina** – Candidate of Veterinary Sciences, Lecturer at the Department of Veterinary Medicine, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Timiryazev State Agrarian University", spin-code: 7750-5826.

**Dmitriy V. Svistunov** – assistant of the Department of Veterinary Medicine, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Timiryazev State Agrarian University", spin-code: 4250-7506.

**Nataliya S. Artyukhova** – senior lecturer of the Department of Russian as a Foreign Language and General Theoretical Disciplines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Timiryazev State Agrarian University", spin-code: 5807-4126.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

## В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ ФГБОУ ВО ЯРОСЛАВСКАЯ ГСХА В 2022 ГОДУ ВЫШЛА МОНОГРАФИЯ

**Е. В. ЕГОРАШИНА, Р. В. ТАМАРОВА**

### ПОВЫШЕНИЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ

В монографии представлены результаты обширных и глубоких научных исследований по повышению молочной продуктивности коров разводимых в Ярославской области пород, с использованием самых современных методов зоотехнической науки – ДНК-тестирования и генетического маркирования, для улучшения качества молока и молочных продуктов, повышения эффективности и рентабельности отрасли. Исследования проведены в одном из лучших племязаводов – ЗАО «Агрофирма «Пахма», на поголовье коров племядра айрширской, голштинской и ярославской улучшенной пород, с изучением частоты встречаемости генетических маркеров признаков удоев и белковомолочности коров, их взаимосвязей, реализации генотипов животных разных пород в единых средовых условиях, продуктивного долголетия коров. Впервые выявлены наиболее эффективные сочетания комплексных генотипов по белкам молока каппа-казеину и бета-лактоглобулину. Намечены перспективы дальнейшей селекции по качественному совершенствованию стада ЗАО «Агрофирма «Пахма». Монография предназначена для научных сотрудников, преподавателей вузов, аспирантов, магистрантов, руководителей и специалистов племенной службы, может использоваться в учебном процессе и практической работе с племенными стадами молочного скота

УДК 636.271.082.2; ББК 45.3; ISBN 978-5-98914-256-9

ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ  
ПО АДРЕСУ:

150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58, ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ»

e-mail: e.bogoslovskaya@yarcx.ru

Научная статья  
УДК 619:616-036.22  
doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.007

## АНАЛИЗ ЭПИЗООТИЧЕСКОГО ПРОЯВЛЕНИЯ РАБИЧЕСКОЙ ИНФЕКЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Екатерина Валерьевна Егорашина<sup>1</sup>, Елена Александровна Буренок<sup>2</sup>,  
Юлия Витальевна Шереметьева<sup>3</sup>**

<sup>1,3</sup>Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия

<sup>2</sup>Государственная ветеринарная служба Ярославской области, Ярославль, Россия

<sup>1</sup>egorashina@yarcx.ru

<sup>2</sup>alena.burenok@yandex.ru

<sup>3</sup>10608@student.yarcx.ru

**Реферат.** Современная эпизоотическая ситуация по бешенству животных на территории Российской Федерации является крайне напряжённой. Приведён анализ эпизоотического проявления рабической инфекции в Ярославской области за 2018–2022 годы. На территории региона изучена динамика инфицированности животных, определён видовой состав животных, заболевших бешенством. Установлено, что динамика эпизоотического процесса в области имеет неравномерное распределение, за последние годы наблюдается постепенное общее снижение случаев заболевания бешенством с сохранением волнообразного процесса. Максимальные значения определены в 2020 году в Борисоглебском (16 случаев), Ярославском (11 случаев) и Гаврилов-Ямском (10 случаев) муниципальных районах Ярославской области. Основным источником и распространителем заболевания являются дикие плотоядные животные, на долю которых приходится от 60 до 91%. За период 2018–2022 годы на территории Ярославской области выявлено 122 случая бешенства у животных, из них 62 случая у енотовидных собак и 27 – у лис, на долю которых среди заболевших приходится 50,8 и 22,1% соответственно. Даны рекомендации проводить вакцинацию диких плотоядных животных в тех же объёмах без снижения количества и кратности раскладываемой вакцины, а владельцам домашних животных вакцинировать своих питомцев от бешенства в соответствии с графиком вакцинации.

*Ключевые слова:* эпизоотическая ситуация, мониторинг, анализ эпизоотического процесса, вирус бешенства, рабическая инфекция, дикие животные, домашние животные, вакцинация

## ANALYSIS OF EPIZOOTIC MANIFESTATION OF RABIES INFECTION ON THE TERRITORY OF THE Yaroslavl REGION

**Ekaterina V. Egorashina<sup>1</sup>, Elena A. Burenok<sup>2</sup>, Yuliya V. Sheremetyeva<sup>3</sup>**

<sup>1,3</sup>Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia

<sup>2</sup>State Veterinary Service of the Yaroslavl region, Yaroslavl, Russia

<sup>1</sup>egorashina@yarcx.ru

<sup>2</sup>alena.burenok@yandex.ru

<sup>3</sup>10608@student.yarcx.ru

**Abstract.** The current epizootic situation for animal rabies on the territory of the Russian Federation is extremely tense. An analysis of the epizootic manifestation of rabies infection in the Yaroslavl region for 2018–2022 is given. On the territory of the region the dynamics of animal infection was studied, the species composition of animals with rabies was determined. It has been established that the dynamics of the epizootic process in the region has an uneven distribution, in recent years there has been a gradual general decrease in cases of rabies with the preservation of a wave-like process. The maximum values were determined in 2020 in Borisoglebskiy (16 cases), Yaroslavskiy (11 cases) and Gavrillov-Yamskiy (10 cases) municipal districts of the Yaroslavl region. The main source and spreader of the disease is wild carnivores, which account for 60 to 91%. For the period 2018–2022, 122 cases of rabies in animals were detected in the Yaroslavl region,

**Анализ эпизоотического проявления рабической инфекции  
на территории Ярославской области**

of which 62 cases were in raccoon dogs and 27 in foxes, which accounted for 50.8 and 22.1% of cases, respectively. Recommendations are given to vaccinate wild carnivores in the same volumes without reducing the quantity and frequency of the distributed vaccine, and for pet owners to vaccinate their pets against rabies in accordance with the vaccination schedule.

**Keywords:** epizootic situation, monitoring, epizootic process analysis, rabies virus, rabies infection, wild animals, domestic animals, vaccination

**Введение.** Бешенство – вирусное зооантропонозное заболевание, которое представляет постоянную угрозу для жизни и здоровья человека, сопровождающееся явлениями полиэнцефалита, при клиническом проявлении которого заболевание обязательно заканчивается смертельным исходом, так как бешенство неизлечимо.

Возбудитель бешенства – вирус, имеющий форму пули, размеры – от 90–170 до 110–200 нм, содержит одонитевую РНК, погибает при воздействии кислот и щелочей. При комнатной температуре сохраняется 2–3 дня. Нагревание до 60°C инактивирует вирус в течение 5–10 минут, кипячение убивает его за 2 минуты. Вирус чувствителен к ультрафиолетовым и прямым солнечным лучам, высушиванию, обычным дезинфицирующим средствам; патогенен для большинства теплокровных животных и птиц. Основными источниками инфекции служат собаки (60%), лисицы (24%), кошки (10%), волки (3%) и другие животные (3%). Заболевшие животные могут заражать других за 3–10 дней до появления первых клинических признаков болезни и остаются заразными в течение всего времени болезни.

Инкубационный период болезни варьирует в пределах от нескольких дней до года, но чаще всего составляет в среднем от 2 до 8 недель и зависит от вида, возраста, чувствительности животного, его резистентности, локализации вируса, количества и характера ран, нанесённых бешеным животным, количества и вирулентности возбудителя и других факторов. У молодых животных инкубационный период может сокращаться до 5–10 дней.

Заболевание характеризуется цикличностью. Проявление подъёмов обусловлено повышенной плотностью мигрирующих диких животных, которые, заболевая, становятся источниками повышенной опасности среди сельскохозяйственных и домашних животных, а также людей [1].

Современная эпизоотическая ситуация по бешенству животных на территории Российской Федерации является крайне напряжённой. Циклический спад эпизоотии бешенства закончился во второй половине 2014 года и перешёл в стадию подъёма заболеваемости, охватив районы Центрального и Приволжского федеральных округов. Сложившаяся ситуация была обусловлена социально-экономическими факторами, возникшими в основном в начале 1990-х годов, когда не проводились ком-

плексные профилактические мероприятия, следствием чего явилось неконтролируемое увеличение количества основных носителей рабического вируса – лисиц, а также увеличение популяции бродячих собак и кошек, поддерживающих эпизоотии в антропоургических очагах инфекции [2–5].

По данным Роспотребнадзора по Ярославской области, проблема бешенства в регионе является актуальной с 2003 года. Чаще всего больные бешенством животные обнаруживаются в сельской местности. Они перестают бояться человека, приходят в населённые пункты, начинают контактировать с сельскохозяйственными (мелкий и крупный рогатый скот) и домашними (кошки, собаки) животными, могут нападать на человека.

Цель исследования заключалась в проведении анализа заболеваемости бешенством животных на территории Ярославской области в период с 2018 по 2022 годы, определении динамики инфицированности и видового состава животных, заболевших бешенством.

**Материалы и методы.** Материалами для исследования при изучении и анализе эпизоотической ситуации по бешенству животных в Ярославской области явились данные ветеринарной статистической отчётности Государственной ветеринарной службы Ярославской области за период с 2018 по 2022 годы [6]. Методы исследования: ретроспективный эпидемиологический анализ; описательно-оценочное, статистическое исследование; описание уровня и структуры заболеваемости.

**Результаты и обсуждение.** В таблице 1 представлены данные по эпизоотической ситуации на территории Ярославской области по заболеванию бешенством за 2018–2022 годы.

Из данных таблицы 1 видно, что наибольшее количество случаев болезни было выявлено в 2020 году – 57, минимальное в 2022 году – 5.

Максимальное количество неблагополучных пунктов на территории Ярославской области было установлено также в 2020 году – 55, минимальное в 2022 году – 4. Причём в динамике наблюдается рост данного показателя с 33 в 2018 году до 55 – в 2020 году с резким снижением к 2022 году – до 4 неблагополучных пунктов по заболеванию бешенством (рис. 1).

Коэффициент очаговости, показывающий среднее количество заболевших животных в од-

Таблица 1 – Эпизоотическая ситуация на территории Ярославской области по заболеванию бешенством

Показатель	Год					Всего
	2018	2019	2020	2021	2022	
Количество неблагополучных пунктов на начало года	33	12	55	15	4	119
Количество случаев болезни	33	12	57	15	5	122
Коэффициент очаговости	1	1	1,04	1	1,25	1,04



Рисунок 1 – Эпизоотическая ситуация на территории Ярославской области по заболеванию бешенством за 2018–2022 годы

ном очаге, был максимальным в 2022 году – 1,25, минимальный наблюдался в 2018, 2019 и 2021 годы – 1.

В таблице 2 представлена частота зарегистрированных случаев заболевания бешенством у животных в муниципальных районах Ярослав-

ской области за исследуемый период. Так, с 2018 по 2022 годы во всех муниципальных районах региона было выявлено 122 случая заболеваемости бешенством у животных, наибольшее количество случаев отмечено в Ярославском (26) и Борисоглебском (22), не регистрировались слу-

Таблица 2 – Частота зарегистрированных случаев заболевания бешенством у животных в муниципальных районах Ярославской области

Муниципальный район	Год					Всего
	2018	2019	2020	2021	2022	
Угличский	3	4	1	1	–	9
Борисоглебский	2	3	16	1	–	22
Большесельский	–	1	5	–	–	6
Мышкинский	4	–	1	2	–	7
Некрасовский	1	–	–	1	–	2
Ярославский	8	1	11	4	2	26
Гаврилов-Ямский	1	1	10	–	–	12
Даниловский	1	–	2	–	2	5
Тутаевский	4	–	4	2	–	10
Пошехонский	1	–	–	–	–	1
Рыбинский	2	–	1	2	–	5
Некоузский	–	1	3	–	–	4
Переславский	4	1	–	–	–	5
Первомайский	1	–	–	–	–	1
Ростовский	–	–	3	2	1	6
Любимский	1	–	–	–	–	1
Брейтовский	–	–	–	–	–	–
Всего	33	12	57	15	5	122

### Анализ эпизоотического проявления рабической инфекции на территории Ярославской области

чай заболеваемости бешенством в Брейтовском районе.

В 2020 году, когда наблюдался подъём заболеваемости, максимальное число случаев было зарегистрировано в Борисоглебском (16), Ярославском (11) и Гаврилов-Ямском (10) муниципальных районах.

Следует отметить, что в 2020 году были отмечены укусы людей больными животными, которые имели летальный исход: в 2020 году в Тутаевском муниципальном районе женщину во время прогулки по парку укусила лиса, в Ярославском – мужчину укусила собственная собака, которая имела контакт с енотовидной собакой.

В соответствии с формой федерального статистического наблюдения № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях», утверждённой Приказом Росстата от 30.12.2020 № 867, Роспотребнадзором ведётся учёт количества укусов, ослюнений и оцарапываний животными. По данным указанной отчётности, по Ярославской области с 2020 по 2022 годы было зарегистрировано 10935 укусов, ослюнений и оцарапываний животными, из них 6131 нанесены собаками.

В таблицах 3 и 4 представлена видовая структура по заболеванию бешенством у животных в исследуемый период на территории Ярославской области.

Из данных таблицы 4 видно, что в 2018 году зарегистрировано 33 случая заболевания живот-

ных бешенством в 33 неблагополучных пунктах в 13 муниципальных районах области, из них 24 случая – дикие животные (72,7%). Всего бешенство диагностировали у 10 лисиц, 10 енотовидных собак, по одной особи среди мышей, крыс, куниц, барсуков, безнадзорных собак, у 5 владельческих собак и 3 владельческих кошек (рис. 2).

В 2019 году наблюдалось снижение заболеваемости животных бешенством, всего было зарегистрировано 12 случаев в 12 неблагополучных пунктах в 7 муниципальных районах области, из них 11 – дикие животные (91,7%). Всего бешенство диагностировали у 3 лисиц, 7 енотовидных собак, одного лося и одной владельческой кошки (рис. 2).

В 2020 году был отмечен резкий всплеск заболевания животных бешенством на территории Ярославской области (57 случаев в 55 неблагополучных пунктах в 11 муниципальных районах области, в т.ч. городе Ярославле). 88% от заболевших были дикие животные. Бешенство диагностировали у шести собак (пяти домашних и одной безнадзорной), одного котёнка (безнадзорный), восьми лисиц, одного барсука и 41 енотовидной собаки (рис. 2).

В 2021 году заболеваемость животных бешенством на территории региона значительно снизилась, по сравнению с 2020 годом, и составила 15 случаев в 15 неблагополучных пунктах семи муниципальных районов области, из них 8 – дикие животные, или 53% от заболевших. Всего бешенство

Таблица 3 – Видовая структура по заболеванию бешенством у животных на территории Ярославской области

Муниципальный район	Плотоядные					Всего
	Дикие			Домашние		
	лисицы	енотовидные собаки	прочие дикие	собаки	кошки	
Угличский	3	4	–	2	–	9
Борисоглебский	2	15	1	4	–	22
Большесельский	1	4	1	–	–	6
Мышкинский	2	3	1	1	–	7
Некрасовский	2	–	–	–	–	2
Ярославский	8	11	3	1	3	26
Гаврилов-Ямский	1	10	–	–	1	12
Даниловский	–	4	–	1	–	5
Тутаевский	4	3	–	2	1	10
Пошехонский	–	1	–	–	–	1
Рыбинский	1	2	–	1	1	5
Некоузский	–	1	–	3	–	4
Переславский	3	–	2	–	–	5
Первомайский	–	1	–	–	–	1
Ростовский	–	2	–	3	1	6
Любимский	–	1	–	–	–	1
Брейтовский	–	–	–	–	–	–
Всего	27	62	8	18	7	122

Таблица 4 – Структура заболевания бешенством по видам животных в Ярославской области

Вид животных	2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.		Всего	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
<i>Дикие</i>												
Лисицы	10	30,3	3	25	8	14,0	5	33,3	1	20	27	22,1
Енотовидные собаки	10	30,3	7	58,4	41	71,9	3	20,0	1	20	62	50,8
Прочие дикие	4	12,1	1	8,3	1	1,8	1	6,7	1	20	8	6,6
Итого	24	72,7	11	91,7	50	87,7	9	60	3	60	97	79,5
<i>Домашние</i>												
Собаки	6	18,2	–	–	6	10,5	4	26,7	2	40	18	14,8
Кошки	3	9,1	1	8,3	1	1,8	2	13,3	–	–	7	5,7
Сельскохозяйственные животные	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Итого	9	27,3	1	8,3	7	12,3	6	40	2	40	25	20,5
Всего за год	33	100	12	100	57	100	15	100	5	100	122	100

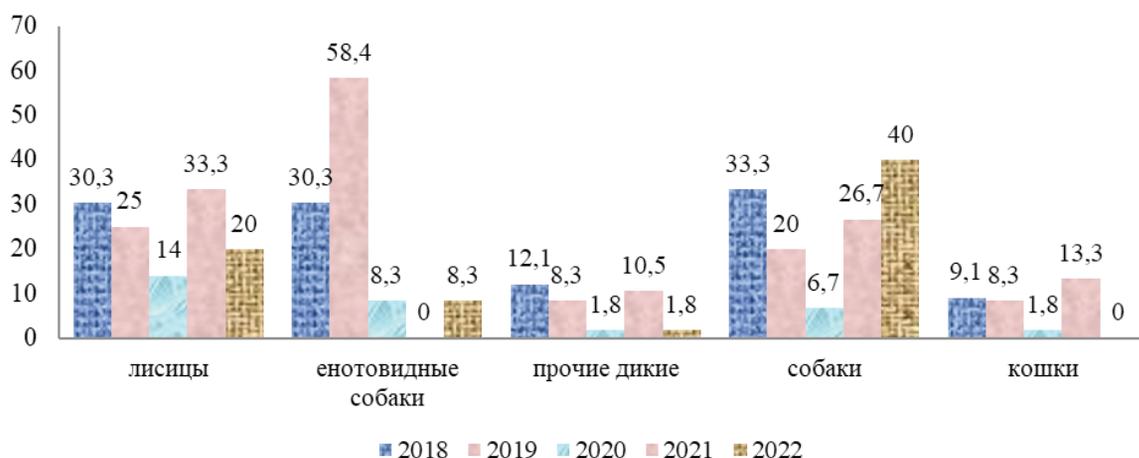


Рисунок 2 – Видовая структура по заболеванию бешенством в Ярославской области, %

диагностировали у пяти лисиц, трёх енотовидных собак, одного волка, четырёх владельческих собак и двух владельческих кошек (рис. 2).

В 2022 году также наблюдалась динамика снижения заболевания животных бешенством – 5 случаев в 4-х неблагополучных пунктах трёх муниципальных районов области, в т.ч. городе Ярославле. Бешенство диагностировали у двух домашних собак, одной крысы, одной лисицы и одной енотовидной собаки (рис. 2).

Как показали наши исследования, в период с 2018 по 2022 годы заболевания бешенством у сельскохозяйственных животных на территории региона не было выявлено.

Указами Губернатора во всех выявленных случаях заболевания бешенством у животных устанавливали карантин, проводили противоэпизоотические мероприятия.

С 2007 по 2015 гг. вакцина для диких животных поставлялась однократно или несвоевременно. В результате чего несли убытки и животноводче-

ские предприятия, на территории которых выявляли больных животных, поскольку карантинные мероприятия устанавливают жёсткие ограничения по реализации молока.

Начиная с 2016 года, в Ярославской области стала проводиться двукратная оральная вакцинация диких плотоядных, что положительно сказалось на эпизоотической ситуации в регионе. В снижении количества заболевших животных также, возможно, играет роль некоторое уменьшение поголовья енотовидной собаки и лисицы [7]. Вакцинация диких животных на территории Ярославской области осуществляется препаратом «Оралрабивак», изготовленным ФКП «Щелковская биофабрика». Вакцина расфасована в полистироловые капсулы, заключённые внутрь приманки, выполненной в виде брикета, изготовленного из продуктов, съедобных для плотоядных (мясокостной или рыбной муки, продуктов переработки куриных эмбрионов, желатина), с добавлением тетрациклина в качестве маркера её поедаемости. Иммунизация

проводится путём раскладки брикетов-приманок в лесных массивах два раза в год. Всего на вакцинацию диких животных ежегодно поступает около 700 тысяч доз вакцины, приобретённой за счёт средств федерального бюджета. Иммуитет у животных формируется через 21 день и сохраняется не менее 12 месяцев. Таким образом, вакцинацию диких плотоядных необходимо проводить в тех же объёмах без снижения количества и кратности раскладываемой вакцины.

В таблице 5 и на рисунке 3 представлена длительная динамика количества случаев заболевания бешенством животных на территории Ярославской области, которая наглядно демонстрирует улучшение эпизоотической ситуации в регионе, особенно начиная с 2016 года, о чём было отмечено ранее. При этом процент участия в эпизоотии диких плотоядных остаётся постоянно высоким (от 60 до 91%), что указывает на наличие стойкого резервуара в диком мире.

Таблица 5 – Количество случаев заболевания бешенством животных на территории Ярославской области в период с 2012 по 2022 годы

Место обитания животных	Год										
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Дикие животные	57	24	37	135	70	62	24	11	50	9	3
Домашние животные	6	12	–	18	11	9	9	1	7	6	2
Всего	63	36	37	153	81	71	33	12	57	15	5

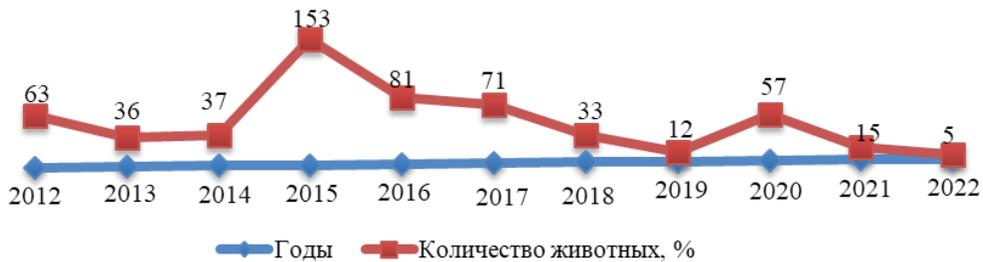


Рисунок 3 – Количество случаев заболевания бешенством в период с 2012 по 2022 годы

**Выводы.** Выявлены эпизоотические особенности проявления бешенства в Ярославской области:

1. Динамика эпизоотического процесса в Ярославской области имеет неравномерное распределение, за последние годы наблюдается постепенное общее снижение случаев заболевания бешенством с сохранением волнообразного процесса. Максимальная заболеваемость животных бешенством в регионе за последние пять лет наблюдалась в 2020 году в таких муниципальных районах, как Борисоглебский (16 случаев), Ярославский (11 случаев) и Гаврилов-Ямский (10 случаев). Были отмечены укусы людей большими животными, которые имели летальный исход (2 случая).

2. Основным источником и распространителем данного заболевания являются дикие плотоядные

животные, на долю которых приходится от 60 до 91%.

3. За период 2018–2022 гг. на территории Ярославской области выявлено 122 случая бешенства у животных, из них 62 случая у енотовидных собак и 27 – у лис, на долю которых среди заболевших приходится 50,8 и 22,1% соответственно.

На основании проведённых исследований рекомендуем проводить вакцинацию диких плотоядных животных в тех же объёмах без снижения количества и кратности раскладываемой вакцины. Владельцам домашних животных вакцинировать своих питомцев от бешенства в соответствии с графиком вакцинации, так как, отказываясь от вакцинопрофилактики, люди ставят под угрозу заболевания, а значит и неминуемой смерти не только самих питомцев, но, в первую очередь, себя и своих близких.

**Список источников**

1. Госманов Р. Г., Галиуллин А. К., Волков А. Х. [и др.] Микробиология : учеб. пособие. 4-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2021. 496 с. ISBN 978-5-8114-8107-1.  
 2. Шабейкина А. А., Гулюкин А. М., Паршикова А. В. Анализ закономерностей эпизоотического процесса бешенства на территории европейской части Российской Федерации // Ветеринария и кормление. 2015. № 1. С. 29–34. EDN TGUCGV.

3. Марцев А. А., Рудакова В. М., Ильина А. В. Эпидемиологическая и эпизоотическая обстановка по природно-очаговым зоонозным инфекциям во Владимирской области // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. 2018. № 5. С. 20–26. DOI 10.36233/0372-9311-2018-5-20-26. EDN CAMBUY.

4. Дурмаев А. Д., Бадмаева О. Б., Цыдыпов В. Ц. [и др.] Эпизоотическое проявление бешенства на территории Республики Бурятия // Ветеринария и кормление. 2018. № 3. С. 19–22. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2018-3-6. EDN XQWVYL.

5. Забашта Н. Н., Кривонос Р. А., Мирошниченко П. В. [и др.] Анализ эпизоотического благополучия по инфекционным заболеваниям в Краснодарском крае в 2021 году // Ветеринария Кубани. 2022. № 1. С. 3–7. DOI 10.33861/2071-8020-2022-1-3-7. EDN IREBJB.

6. Отчеты по заболеванию животных особо опасными болезнями Департамента ветеринарии Ярославской области за 2012–2022 годы (1ВЕТ-Б).

7. Иванов О. В., Костерин Д. Ю., Мельникова Л. Э. Роль енотовидной собаки в поддержании эпизоотии бешенства в Ярославской области // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 2 (58). С. 86–90. DOI 10.35694/YARCX.2022.58.2.012. EDN RXPQUI.

#### References

1. Gosmanov R. G., Galiullin A. K., Volkov A. Kh. [i dr.] Mikrobiologiya : ucheb. posobie. 4-e izd., ster. Sankt-Peterburg : Lan', 2021. 496 s. ISBN 978-5-8114-8107-1.

2. Shabejkina A. A., Gulyukin A. M., Parshikova A. V. Analiz zakonomernostej epizooticheskogo processa beshenstva na territorii evropejskoj chasti Rossijskoj Federacii // Veterinariya i kormlenie. 2015. № 1. С. 29–34. EDN TGUCGV.

3. Martsev A. A., Rudakova V. M., Il'ina A. V. Epidemiologicheskaya i epizooticheskaya obstanovka po prirodno-ochagovym zoonoznym infekciyam vo Vladimirskoj oblasti // Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii. 2018. № 5. С. 20–26. DOI 10.36233/0372-9311-2018-5-20-26. EDN CAMBUY.

4. Durmaev A. D., Badmaeva O. B., Tsydypov V. Ts. [i dr.] Epizooticheskoe proyavlenie beshenstva na territorii Respubliki Buryatiya // Veterinariya i kormlenie. 2018. № 3. С. 19–22. DOI 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2018-3-6. EDN XQWVYL.

5. Zabashta N. N., Krivonos R. A., Miroshnichenko P. V. [i dr.] Analiz epizooticheskogo blagopoluchiya po infekcionnym zabolevaniyam v Krasnodarskom krae v 2021 godu // Veterinariya Kubani. 2022. № 1. С. 3–7. DOI 10.33861/2071-8020-2022-1-3-7. EDN IREBJB.

6. Otchety po zabolevaniyu zhivotnyh osobo opasnymi boleznyami Departamenta veterinarii Yaroslavskoj oblasti za 2012–2022 gody (1VET-B).

7. Ivanov O. V., Kosterin D. Yu., Mel'nikova L. E. Rol' enotovidnoj sobaki v podderzhanii epizootii beshenstva v Yaroslavskoj oblasti // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2022. № 2 (58). С. 86–90. DOI 10.35694/YARCX.2022.58.2.012. EDN RXPQUI.

#### Сведения об авторах

**Екатерина Валерьевна Егорашина** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 8600-4499.

**Елена Александровна Буренок** – главный специалист отдела организации ветеринарного дела, Государственная ветеринарная служба Ярославской области, spin-код: 5460-2656.

**Юлия Витальевна Шереметьева** – обучающаяся факультета ветеринарии и зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», 10608@student.yarcx.ru.

#### Information about the authors

**Ekaterina V. Egorashina** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 8600-4499.

**Elena A. Burenok** – Chief Specialist of the Veterinary Business Organization Department, State Veterinary Service of the Yaroslavl region, spin-code: 5460-2656.

**Yuliya V. Sheremeteva** – student of the Faculty of Veterinary Science and Zootechnics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", 10608@student.yarcx.ru.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Научная статья  
 УДК 575.17:594.117  
 doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.008

## МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ РЕВИЗИЯ ГРЕБЕШКОВ КОЛЛЕКТОРНЫХ ХОЗЯЙСТВ КРЫМСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЁРНОГО МОРЯ

Елена Евгеньевна Слынько<sup>1</sup>, Евгений Николаевич Белкин<sup>2</sup>,  
 Сергей Викторович Климкин<sup>3</sup>, Андрей Евгеньевич Автонов<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия

<sup>1</sup>elena.slynko.76@mail.ru, ORCID 0000-0003-1261-1100

<sup>2</sup>Evg628@yandex.ru

<sup>3</sup>s3047573@yandex.ru

**Реферат.** На основании молекулярно-генетических и морфологических данных изучен современный таксономический статус и популяционная изменчивость черноморского гребешка. Установлено, что черноморский гребешок может быть надёжно квалифицирован как средиземноморский гребешок *Flexopecten glaber* (Linnaeus, 1758). Для черноморского гребешка, по сравнению с объединённой выборкой средиземноморских гребешков, характерны значительное снижение величин параметров изменчивости, присутствие новых гаплотипов и нарастание рассогласования в распределении нуклеотидов. Предлагаются вероятные объяснения наблюдаемых явлений с позиций эпигенетической теории эволюции и времени проникновения гребешка в Чёрное море.

**Ключевые слова:** *Flexopecten glaber*, 16S рДНК, морфологическая изменчивость, таксономическое разнообразие, онтогенетические каналы, адаптивный компромисс

## MOLECULAR GENETIC REVISION OF THE SCALLOPS OF COLLECTOR FARMS OF THE CRIMEAN BLACK SEA COAST

Elena E. Slynko<sup>1</sup>, Evgeniy N. Belkin<sup>2</sup>, Sergey V. Klimkin<sup>3</sup>, Andrey E. Avtonov<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

<sup>1</sup>elena.slynko.76@mail.ru, ORCID 0000-0003-1261-1100

<sup>2</sup>Evg628@yandex.ru

<sup>3</sup>s3047573@yandex.ru

**Abstract.** Based on molecular genetic and morphological data, the modern taxonomic status and population variability of the Black Sea scallop were studied. It has been established that the Black Sea scallop can be reliably qualified as the Mediterranean scallop *Flexopecten glaber* (Linnaeus, 1758). The Black Sea scallop, in comparison with the combined sample of Mediterranean scallops, is characterized by a significant decrease in the values of variability parameters, the presence of new haplotypes and an increase in mismatch in the distribution of nucleotides. Probable explanations of the observed phenomena from the standpoint of the epigenetic theory of evolution and the time of penetration of the scallop into the Black Sea are proposed.

**Keywords:** *Flexopecten glaber*, 16S rDNA, morphological variability, taxonomic diversity, ontogenetic channels, adaptive compromise

**Введение.** Pectinidae – одно из наиболее богатых по числу видов семейств двустворчатых моллюсков, характеризующееся широкими экологическими диапазонами обитания и высоким уровнем морфологической пластичности [1]. Также многие виды гребешков, в частности средиземноморские виды рода *Flexopecten*, повсеместно используются в коммерческих целях, как ценный пищевой продукт [2]. Атлантическая (включая средиземно-

морские виды) группа *Flexopecten* в настоящее время состоит из *F. felipponei* (Dall, 1922), *F. flexuosus* (Poli, 1795) (= *coarctatus*), *F. glaber* (Linnaeus, 1758) (= *ponticus*, = *proteus*), *F. hyalinus* (Poli, 1795), из которых только последние три вида представлены в средиземноморском бассейне. Длительное время считалось, что в Чёрном море обитает только подвид *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg

& Dollfus, 1889) средиземноморского гребешка *Flexopecten glaber* (Linnaeus, 1758). Данный подвид был квалифицирован как эндемик Чёрного моря. Некоторые авторы даже настаивали на самостоятельном видовом статусе черноморского гребешка – *Flexopecten ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg et Dollfus, 1889). Вместе с тем проведённые молекулярно-генетические работы с использованием анализа нескольких генов мтДНК (COI, 16S, 12S) [3–5] и одного ядерного гена (гистон H3) [5] позволили в конечном итоге констатировать, что в бассейне Атлантического океана и Средиземноморском бассейне, в частности, из видов родовой клуды *Flexopecten* два близкородственных вида *Flexopecten glaber* и *F. proteus* представляют один вид. Совсем недавно, на основании традиционных морфологических методов, было подтверждено, что в Чёрном море обитает только один вид – *F. glaber* [6]. Поскольку определение и идентификация видов являются одними из первых основных шагов для мониторинга и сохранения биоразнообразия, то, соответственно, основной задачей нашей работы стала таксономическая молекулярно-генетическая ревизия гребешков на коллекторах хозяйств Крымского побережья Чёрного моря и определение параметров генетической и морфологической изменчивости в культивируемых популяциях этих моллюсков.

**Материалы и методы.** Для генетического анализа были отобраны 15 экземпляров половозрелых особей гребешка возраста 2+, подращивание которого проходило в садках на мидийно-устричной ферме (внешний рейд Севастопольской бухты). Сами гребешки были взяты из естественных условий на входе в залив Донузлав в возрасте 1+ и помещены на сетки коллекторов. Тотальную ДНК выделяли из мышцы аддуктора при помощи набора innuPREP DNA Mini Kit (компания Analytik Jena, Германия). Анализ нуклеотидных последовательностей проводили по митохондриальному гену 16S рРНК. Амплификацию фрагмента 16S рРНК длиной 487 п.н. проводили с использованием следующих праймеров: прямого 16Sar (5'–CGCCTGTATTATCAAAAACAT–3') и обратного 16Sbr (5'–CCGGTCTGAACAGATCACGT–3') [7]. В качестве амплификационных смесей использовали готовые лиофилизованные реакционные смеси (мастермиксы), предназначенные для проведения амплификаций ДНК, в объёме 20 мкл. Мастермиксы для проведения отдельной реакции содержали все необходимые для реакции компоненты, включая ингибированную для «горячего старта» Taq ДНК полимеразу, dNTP и краску для электрофореза (ООО «Научно-производственная фирма «Генлаб», Москва).

По гену 16S рРНК мтДНК были получены ампликоны для номеров 1, 2 и 8–20 экземпляров

гребешка включительно. Полученные ПЦР-продукты секвенировали на базе ЗАО «Евроген Ру» (Москва) в прямом и обратном направлениях. Филогенетическое дерево с расчётом бутстреп-поддержек узлов ветвления (1000 репликаций) строили в программе MEGA 7.0 с применением метода «ближайшего соседства» (Neighbor Joining, NJ) [8]. Расчёты параметров генетической изменчивости осуществляли с применением программного пакета DNASP 5.10 [9]. Для сравнения использовали данные по гаплотипам 16S рРНК, взятым из GenBank, NCBI [10], по 4 экземплярам вида *F. glaber* (GU320280, HM627016, JQ611443, HQ197862) и по 6 экз. *F. proteus* (HM627045, HM627046, HM627048, HM627051, GU320283, GU320287), а также гаплотипы представителей *Chlamis glabra* (AJ243574), *F. flexuosus* (JQ611442). В качестве внешней группы использовались *Mirapecten moluccensis* (KP300558) и *Aequipecten opercularis* (AM494408).

В целях выявления индивидуальных онтогенетических каналов проводили оценку морфологической изменчивости по семи пластическим признакам раковины, связанным с особенностями роста раковины: высота раковины (H), длина раковины (L), выпуклость обеих створок (W), длина раковины от нижнего края до нижнего выреза лопасти (h), длина лопасти (lz1), длина лопасти от глубины выреза до противоположного края (lz2), ширина лопасти (lh). Для измерений подбирались особи одного возраста с разбросом высоты раковины от 28 до 32 мм. Пластические признаки внешней морфологии представляли в виде индексов в % от высоты раковины (H). Статистическую обработку морфологических данных проводили с использованием многомерных методов анализа с применением программного пакета Statistica 6.0. В анализе главных компонент собственные векторы рассчитывали по вариационно-корреляционной матрице. Длина вектора принималась равной 1. Контуры скаттера, образуемого особями на плоскости ГК, рассматривали как границы онтогенетического канала, то есть проекции той области многомерного пространства признаков, в которой располагаются индивидуальные онтогенетические траектории [11; 12].

**Результаты и обсуждение.** Гаплотипы 12 экземпляров длиной 419 п.н. черноморских гребешков были идентичны гаплотипам *F. glaber* (GU320280, HM627016) и *F. proteus* (HM627045, HM627046, HM627048, HM627051, GU320283, GU320287) и имели высокую степень сходства с другими гаплотипами *F. glaber*, а также с *Chlamis glabra* и *F. flexuosus*. У трёх экземпляров черноморских гребешков выявлены новые гаплотипы, зарегистрированные в NCBI под следующими номерами MH428573 (экз. № 2)

и MN428574 (экз. № 8 и № 9), сформировавшие при построении филогенетического дерева независимую кладу, однако уровень бутстреп-поддержки дифференциации от основной группы черноморско-средиземноморских гребешков составил 99. Поэтому все проанализированные нами черноморские экземпляры гребешка идентифицируются

по гену 16S рНК как вид *Flexopecten glaber* и одновременно как вид *F. proteus*. Если экземпляры из Чёрного моря имели *p*-расстояние от *F. glaber* 0,1%, то от *F. proteus* – 0,08% (табл. 1).

Помимо этого, необычайно близким к данным видам оказался и вид *F. flexuosus*, который относительно удалён только от черноморских образцов

Таблица 1 – Матрица значений *p*-расстояний (%) между гребешками из Чёрного моря и Средиземного моря и гребешками из родственных родов

Вид	<i>Flexopecten</i> Чёрного моря	<i>Flexopecten glaber</i>	<i>F. proteus</i>	<i>F. flexuosus</i>	<i>Mirapecten moluccensis</i>	<i>Aequipecten opercularis</i>
<i>Flexopecten</i> Чёрного моря	–					
<i>Flexopecten glaber</i>	0,1	–				
<i>F. proteus</i>	0,08	0,07	–			
<i>F. flexuosus</i>	0,3	0,02	0,2	–		
<i>Mirapecten moluccensis</i>	64	65	65	65	–	
<i>Aequipecten opercularis</i>	72	72	72	72	72	–

(*p*-дистанция не превышает 0,3%). Это представление согласуется с мнением исследователей средиземноморских гребешков, считающих оба вида *F. glaber* и *F. proteus* таксономическими синонимами. Таким образом, наши данные подтверждают предположение К. О. Милашевича, что в Чёрном море обитает именно этот гребешок.

При сравнении черноморских и средиземноморских гребешков практически по всем параметрам отчётливо выявляется значительное снижение генетического разнообразия у черноморских гребешков (табл. 2). Вероятней всего, падение гаплотипического и нуклеотидного разнообразия, равно как и существенное снижение полиморфных сайтов и количества мутаций вызвано ассортативностью скрещивания и отбором особей для коллекторного выращивания, подобно тому, как наблюдалось у культивируемой в Чёрном море ти-

хоокеанской устрицы. Причём наиболее вероятно именно последнее обстоятельство, поскольку гребешок – синхронный гермафродит с возможностью самооплодотворения.

В ходе анализа особенностей распределения частот встречаемости при попарных сравнениях нуклеотидных вариантов гена 16S рНК удалось установить, что для средиземноморской группы *Flexopecten glaber* присуща высокая степень соответствия наблюдаемых и ожидаемых распределений и наличие двух пиков эксцессов, тогда как для черноморских *Flexopecten glaber* выявляется три пика и нарушение равновесия. Также не следует забывать, что гребешок – сравнительно недавний обитатель Чёрного моря (с периода не более 7 тыс. лет назад), после формирования современного Чёрного моря и окончательного его соединения со Средиземным (порядка 8 тыс.

Таблица 2 – Параметры генетической изменчивости гена 16S рНК у гребешков из Чёрного моря и Средиземного моря

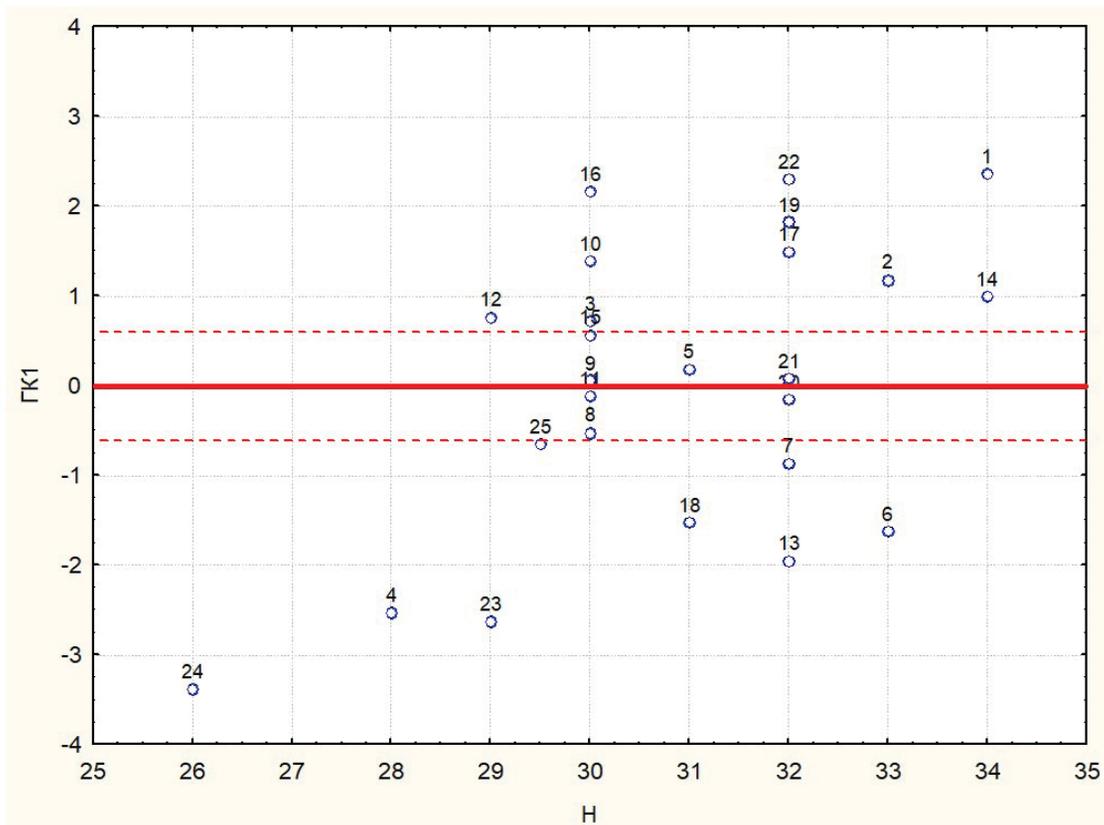
Группа видов	n	S	m	h	H <sub>d</sub>	π	K
<i>Flexopecten</i> (для Чёрного моря)	15	18	18	4	0,467	0,012	5,2
<i>Flexopecten</i> (для Средиземного моря)	14	294	296	7	0,824	0,186	77,9

Условные обозначения и примечания: n – количество экземпляров; S – число полиморфных сайтов; m – общее количество мутаций; h – количество гаплотипов; H<sub>d</sub> – гаплотипическое разнообразие; π – нуклеотидное разнообразие; K – внутригрупповая нуклеотидная дифференциация. Группа *Flexopecten* из Средиземного моря включает все виды родов *Flexopecten* и *Chlamys*, представленные в разделе материал и методы.

лет назад) [13; 14]. Косвенным подтверждением этой точки зрения может служить то обстоятельство, что черноморский гребешок характеризуется высоким уровнем морфологической изменчивости, как, впрочем, и вся таксономическая клада *Flexopecten* [6]. Чтобы удостовериться в этом, мы провели анализ существования онтогенетических траекторий на изученном нами одновозрастном материале. Многомерный анализ главных компонент не дал прямого результата – все особи сформировали одно компактное облако. Однако при соотношении собственных значений первой компоненты с высотой раковины было выявлено, что среди анализируемого материала выявляются две траектории развития (рис. 1). 7 особей под номерами 4, 6, 7, 13, 18, 23–25 образовали канал малоразмерных гребешков, а 10 особей (1–3, 10, 12, 14, 16, 17, 19, 22) – канал крупноразмерных гребешков. Группа из 7 особей (5, 8, 9, 11, 15, 20, 21) оказалась вблизи границы каналов в пределах доверительных интервалов и не может быть достоверно отнесена ни к одному из каналов.

Представленный материал надёжно свидетельствует, что черноморские гребешки всеце-

ло соответствуют средиземноморскому таксону *Flexopecten glaber*, который по молекулярно-генетическим данным в настоящее время включает в себя следующие виды, которые ранее полагались самостоятельными: *F. glaber*, *F. proteus* и *Chlamis glabra*. Согласно нашим данным, в этот же единый таксон следует отнести и *F. flexuosus*, во всяком случае, руководствуясь сведениями по гену 16S рРНК. Надёжность использования данного гена для установления таксономической принадлежности у гребешков была установлена ранее. При изучении закономерностей изменчивости нуклеотидной последовательности 16S рРНК у черноморских гребешков выявляется несколько особенностей. Во-первых, у черноморского гребешка, происходящего из залива Донузлав и культивируемого на коллекторах севастопольского питомника, отмечено значительное снижение параметров изменчивости в сравнении с объединённой выборкой средиземноморских гребешков (в 2 раза по гаплотипическому разнообразию, в 15 раз – по нуклеотидному разнообразию, в 15–16 раз – по количеству полиморфных сайтов и количеству мутаций, в 4 раза – по внутригруппо-



Н – длина раковины, мм; ГК1 – индекс пластических признаков раковины. Сплошная красная линия – граница онтогенетического канала; пунктир – доверительный интервал. Номера на графике соответствуют порядковым номерам анализированных особей.

Рисунок 1 – Двумерное распределение особей черноморского гребешка

вой нуклеотидной дифференциации), во вторых, наблюдается присутствие новых гаплотипов и, в третьих, отмечается нарушение согласованности в распределении нуклеотидов. С одной стороны, все эти данные в совокупности свидетельствуют, что анализируемая нами выборка испытывает инбредную депрессию, либо же мы наблюдаем последствия эффекта основателя. Однако, учитывая то обстоятельство, что выборка исследованного нами материала изначально была взята случайным образом из природной популяции, то вероятней всего данные характеристики отражают несколько иной взгляд на их природу, а именно сравнительно недавнее вселение гребешка в Чёрное море и последствия приспособления к специфическим гидрохимическим и гидрологическим условиям Чёрного моря. Косвенным обоснованием последнего тезиса могут служить данные по обнаружению онтогенетических каналов у черноморского гребеш-

ка. Как правило, подобные эффекты (эндогенные aberrации развития) возникают в ситуациях нарушенных условий существования [15]. То, что данный процесс развивается сравнительно недавно подтверждается наличием группы особей, которые не дифференцированы по какому-либо из каналов развития, и соответствует концепции адаптивного компромисса [16]. В пользу этого предположения свидетельствуют и выявление новых гаплотипов, и рассогласование распределений нуклеотидов.

**Вывод.** Таким образом, средиземноморский вид *Flexopecten glaber* сравнительно недавно ( $\approx 7$  тыс. л.н.) обосновавшийся в Чёрном море таксономически не отличается от предка, однако в специфических условиях этого моря характеризуется ярко выраженным процессом как генетической (появление новых гаплотипов), так и морфологической адаптации (формирование онтогенетических каналов).

#### Список источников

1. Brand A. R. Scallop ecology: distributions and behaviour // In: Shumway S. E., Parsons G. J. (Eds.), *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. The Netherlands. Amsterdam : Elsevier, 2006. P. 661–744.
2. Koutsoubas D., Galinou-Mitsoudi S., Katsanevakis S. [et al.] Bivalve and gastropod mollusks of commercial interest for human consumption in the Hellenic Seas // *State of Hellenic Fisheries / Papaconstantinou C., Zenetos A., Vassilopoulou V., Tserpes G. (Eds.). Greece, Athens : HCMR publications, 2007. P. 70-84.*
3. Barucca M., Olmo E., Schiaparelli S., Canapa A. Molecular phylogeny of the family Pectinidae (Mollusca: Bivalvia) based on mitochondrial 16S and 12S mRNA genes // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2004. Vol. 31, Is. 1. P. 89–95. DOI 10.1016/j.ympev.2003.07.003.
4. Saavedra C., Pena J. B. Phylogenetics of American scallops (Bivalvia: Pectinidae) based on partial 16S and 12S ribosomal RNA gene sequences // *Marine Biology*. 2006. Vol. 150 (1). P. 111–119. DOI 10.1007/s00227-006-0335-z.
5. Puslednik L., Serb J. M. Molecular phylogenetics of the Pectinidae (Mollusca: Bivalvia) and effect of increased taxon sampling and outgroup selection on tree topology // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2008. Vol. 48 (3). P.1178–1188. DOI 10.1016/j.ympev.2008.05.006.
6. Bondarev I. P. Taxonomic status of *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1889) – the black sea *Flexopecten glaber* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia: Pectinidae) // *Marine Biological Journal*. 2018. Vol. 3, No. 4. P. 29–35. DOI 10.21072/mbj.2018.03.4.03.
7. Slynko E. E., Karpova E. P., Mironovsky A. N. [et al.] Some Species of Gobies of the Genus *Pomatoschistus* Previously Unknown in the Black Sea as Identified by the Data on the 16S rRNA Mitochondrial DNA Gene Variability // *Inland Water Biology*. 2023. Vol. 16, № 4. P. 641–648. DOI 10.1134/S199508292304017X.
8. Librado P., Rozas J. DnaSP v5: a software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data // *Bioinformatics*. 2009. Vol. 25, Is. 11. P. 1451–1452. DOI 10.1093/bioinformatics/btp187.
9. NCBI. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/> (дата обращения: 17.03.2024).
10. Mina M. V., Mironovsky A. N., Dgebuadze Yu. Morphometry of barbel of Lake Tana, Ethiopia: Multivariate ontogenetic channels // *Folia Zoologica*. 1996. Vol. 45. Suppl. 1. P. 109–116.
11. Mina M. V. Morphological diversification of fish as a consequence of the divergence of ontogenetic trajectories // *Ontogenez*. 2001. – Vol. 32, № 6. P. 471–476. EDN MPINSN.
12. Слынько Ю. В., Слынько Е. Е., Пиркова А. В. [и др.] Баркодинг митохондриальной ДНК тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) (Mollusca: Bivalvia: Ostreidae), культивируемой в Черном море // *Генетика*. 2018. Т. 54, № 12. С. 1419–1425. DOI 10.1134/S0016675818120159. EDN YLRWVN.
13. Бондарев И. П. Основные черты и этапы формирования экосистемы Черного моря в позднем плейстоцене-голоцене // *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2012. № 2 (28). С. 53–71. EDN PBGLPL.
14. Bondarev I. P. Dynamics of the Black Sea belt benthic biocoenosis and its connection with the Earth's planetary and solar cycles. From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary / A. Gilbert, V. Yanko-Hombach (Eds) // *Proceedings of IGCP 610 First Plenary Conference and Field Trips*. Georgia, Tbilisi : Ltd "Sachino", 2013. P. 53–55.

15. Майр Э. Популяции, виды и эволюция / пер. с англ. М. В. Мины ; под ред. и с предисл. В. Г. Гептнера. М. : Мир, 1974. 460 с.

16. Шварц С. С. Экологические закономерности эволюции. М. : Наука, 1980. 278 с.

#### References

1. Brand A. R. Scallop ecology: distributions and behaviour // In: Shumway S. E., Parsons G. J. (Eds.), *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. The Netherlands. Amsterdam : Elsevier, 2006. P. 661–744.

2. Koutsoubas D., Galinou-Mitsoudi S., Katsanevakis S. [et al.] Bivalve and gastropod mollusks of commercial interest for human consumption in the Hellenic Seas // *State of Hellenic Fisheries / Papaconstantinou C., Zenetos A., Vassilopoulou V., Tserpes G. (Eds.). Greece, Athens : HCMR publications, 2007. P. 70–84.*

3. Barucca M., Olmo E., Schiaparelli S., Canapa A. Molecular phylogeny of the family Pectinidae (Mollusca: Bivalvia) based on mitochondrial 16S and 12S mRNA genes // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2004. Vol. 31, Is. 1. P. 89–95. DOI 10.1016/j.ympev.2003.07.003.

4. Saavedra C., Pena J. B. Phylogenetics of American scallops (Bivalvia: Pectinidae) based on partial 16S and 12S ribosomal RNA gene sequences // *Marine Biology*. 2006. Vol. 150 (1). P. 111–119. DOI 10.1007/s00227-006-0335-z.

5. Puslednik L., Serb J. M. Molecular phylogenetics of the Pectinidae (Mollusca: Bivalvia) and effect of increased taxon sampling and outgroup selection on tree topology // *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2008. Vol. 48 (3). P. 1178–1188. DOI 10.1016/j.ympev.2008.05.006.

6. Bondarev I. P. Taxonomic status of *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1889) – the black sea *Flexopecten glaber* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia: Pectinidae) // *Marine Biological Journal*. 2018. Vol. 3, No. 4. P. 29–35. DOI 10.21072/mbj.2018.03.4.03.

7. Slynko E. E., Karpova E. P., Mironovsky A. N. [et al.] Some Species of Gobies of the Genus *Pomatoschistus* Previously Unknown in the Black Sea as Identified by the Data on the 16S rRNA Mitochondrial DNA Gene Variability // *Inland Water Biology*. 2023. Vol. 16, № 4. P. 641–648. DOI 10.1134/S199508292304017X.

8. Librado P., Rozas J. DnaSP v5: a software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data // *Bioinformatics*. 2009. Vol. 25, Is. 11. P. 1451–1452. DOI 10.1093/bioinformatics/btp187.

9. NCBI. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/> (data obrashhenija: 17.03.2024).

10. Mina M. V., Mironovsky A. N., Dgebuadze Yu. Morphometry of barbel of Lake Tana, Ethiopia: Multivariate ontogenetic channels // *Folia Zoologica*. 1996. Vol. 45. Suppl. 1. P. 109–116.

11. Mina M. V. Morphological diversification of fish as a consequence of the divergence of ontogenetic trajectories // *Ontogenez*. 2001. – Vol. 32, № 6. P. 471–476. EDN MPINSN.

12. Slyn'ko Yu. V., Slyn'ko E. E., Pirkova A. V. [i dr.] Barkoding mitohondrial'noj DNK tihookeanskoj ustrycy *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) (Mollusca: Bivalvia: Ostreidae), kul'tiviruemoj v Chernom more // *Genetika*. 2018. T. 54, № 12. S. 1419–1425. DOI 10.1134/S0016675818120159. EDN YLRWVN.

13. Bondarev I. P. Osnovnye cherty i jetapy formirovaniya jekosistemy Chernogo morja v pozdnem plejstocenogolocene // *Geologija i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana*. 2012. № 2 (28). S. 53–71. EDN PBGLPL.

14. Bondarev I. P. Dynamics of the Black Sea belt benthic biocoenosis and its connection with the Earth's planetary and solar cycles. From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary / A. Gilbert, V. Yanko-Hombach (Eds) // *Proceedings of IGCP 610 First Plenary Conference and Field Trips*. Georgia, Tbilisi : Ltd "Sachino", 2013. P. 53–55.

15. Majr E. Populjacija, vidy i jevoljucija / per. s ang. M. V. Myny ; pod red. i s predisl. V. G. Geptnera. M. : Mir, 1974. 460 s.

16. Shvarts S. S. Jekologicheskie zakonomernosti jevoljucii. M. : Nauka, 1980. 278 s.

#### Сведения об авторах

**Елена Евгеньевна Слынько** – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией генетики и ПЦР-анализа, доцент кафедры биоэкологии и биологической безопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», spin-код: 4927-5457.

**Евгений Николаевич Белкин** – аспирант факультета микробиологии и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», Evg628@yandex.ru.

**Сергей Викторович Клишкин** – аспирант факультета микробиологии и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», s3047573@yandex.ru.

**Андрей Евгеньевич Автонов** – обучающийся Института ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)».

*Information about the authors*

**Elena E. Slynko** – Candidate of Biological Sciences, Docent, Head of the Laboratory of Genetics and PCR Analysis, Associate Professor of the Department of Bioecology and Biological Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University", spin-code: 4927-5457.

**Evgeniy N. Belkin** – postgraduate student of the Faculty of Microbiology and Biotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University", Evg628@yandex.ru.

**Sergey V. Klimkin** – postgraduate student of the Faculty of Microbiology and Biotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University", s3047573@yandex.ru.

**Andrey E. Avtonov** – student of the Institute of Veterinary Medicine, Veterinary and Sanitary Expertise and Agro-safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University".

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Официальный сайт  
ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ»:**

**[www.yaragrovuz.ru](http://www.yaragrovuz.ru)**

РУБРИКИ САЙТА:

- Сведения об образовательной организации –
- Агросоветник – Образование – Абитуриенту –
- Наука и международная деятельность
- (в том числе научный журнал «Вестник АПК Верхневолжья») –
- Дополнительное образование – Факультеты

Все выпуски журнала «Вестник АПК Верхневолжья» в полнотекстовом формате, требования к оформлению рукописей, контакты на страничке:

<http://yaragrovuz.ru/index.php/nauka-i-mezhdunarodnaya-deyatelnost/zhurnal-vestnik-apk-vekhnevolzhya>



Научная статья  
 УДК 577.58:577.21  
 doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.009

## ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ АДАПТАЦИИ НЕКОТОРЫХ ИНВАЗИОННЫХ ВИДОВ-ГИДРОБИОНТОВ

**Елена Евгеньевна Слынько<sup>1</sup>, Евгений Николаевич Белкин<sup>2</sup>,  
Сергей Викторович Климкин<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия

<sup>1</sup>elena.slynko.76@mail.ru, ORCID 0000-0003-1261-1100

<sup>2</sup>Evg628@yandex.ru

<sup>3</sup>s3047573@yandex.ru

**Реферат.** Проведены молекулярно-генетические и морфологические исследования рапаны *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) крымской акватории Чёрного моря с целью определения возможных причин инвазионного успеха этого моллюска. Молекулярно-генетический анализ проводили по гену COI в сравнении с данными по исходным и другим инвазионным популяциям. Полностью подтверждён необычайно низкий уровень генетической изменчивости рапаны в Чёрном море, однако в естественных популяциях Жёлтого, Восточно-Китайского и Японского морей её генетическая изменчивость весьма высокая. Показано, что большое значение в расселении рапаны имеет внутривидовое морфо-экологическое формообразование. У *Rapana venosa* крымской акватории Чёрного моря выявлены две морфо-экологические формы, связанные с особенностями развития пропорций раковины.

*Ключевые слова:* рапана, ген COI, инвазии, морфо-экологические формы, расселение

## ECOLOGICAL AND GENETIC ADAPTATION STRATEGY OF SOME INVASIVE HYDROBIONT SPECIES

**Elena E. Slynko<sup>1</sup>, Evgeniy N. Belkin<sup>2</sup>, Sergey V. Klimkin<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

<sup>1</sup>elena.slynko.76@mail.ru, ORCID 0000-0003-1261-1100

<sup>2</sup>Evg628@yandex.ru

<sup>3</sup>s3047573@yandex.ru

**Abstract.** Molecular genetic and morphological studies of rapa whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) of the Crimean Black Sea were carried out in order to determine the possible reasons for the invasive success of this mollusk. Molecular genetic analysis was carried out by COI gene in comparison with the data on initial and other invasive populations. The unusually low level of genetic variability of rapa whelk in the Black Sea is fully confirmed, however, in the natural populations of the Yellow, East China seas and Sea of Japan, its genetic variability is very high. It has been shown that intraspecific morpho-ecological formation is of great importance in the settlement of rapa whelk. *Rapana venosa* of the Crimean Black Sea has two morpho-ecological forms associated with the peculiarities of the development of shell proportions.

*Keywords:* rapa whelk, COI gene, invasions, morpho-ecological forms, settlement

**Введение.** Рапана *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) – один из самых ярких примеров глобальной экспансии гидробионтов. Нынешнее оригинальное название вида имеет целый ряд синонимов: *Purpura venosa* Valenciennes, 1846; *Rapana thomasi* Crosse, 1861; *Rapana marginata* (Valenciennes, 1846); *Rapana pechiliensis* Grabau & King, 1928 и *Rapana pontica* Nordsieck, 1969. Естественный ареал рапаны – акватории Жёлтого, Бохайского, Восточно-Китайского и

Японского морей. Молекулярные исследования показали высокое генетическое разнообразие среди естественных популяций и что это не связано с географическим расстоянием между популяциями [1–6]. Численность популяций морей Дальнего Востока, подвергавшихся чрезмерной эксплуатации, резко сократилась [7].

Впервые за пределами своего ареала *Rapana venosa* зарегистрирована в акватории Чёрного моря в 1947 г. По некоторым сведениям, данный

вид был завезён на днищах советских торпедных катеров, переброшенных из Японского моря [8; 9]. Из Чёрного моря рапана уже к 1950-м годам проникла в Азовское море, а в 1960-х годах распространилась в Мраморном море и далее в Средиземном море, где была обнаружена в Адриатическом море в 1973 г. и Эгейском море в 1986 г. Есть несколько записей обнаружения *R. venosa* в Тирренском море [10]. В 1997 г. она обнаружена в Бретани на атлантическом побережье Франции, в 1992 г. – в Северном море к югу от Доггер-Бэнк [11]. В 2005 г. этот моллюск был зарегистрирован на юге Северного моря, в 2007 г. найден на атлантическом побережье Испании. *R. venosa* была также занесена в Чесапикский залив на восточном побережье США, где впервые обнаружена в 1998 г. [11], и в этом же году – в устье реки Ла-Плата между Уругваем и Аргентиной [4; 12; 13]. Предполагается, что вероятным вектором её проникновения к берегам Америки, в т.ч. и в тихоокеанские воды Северной Америки, был завоз вместе с культивируемыми устрицами, хотя достоверно последний факт не подтверждён.

Молекулярные и генетико-биохимические исследования позволили установить, что в районах вселения рапаны отмечается необычайно низкое падение уровня генетической изменчивости по генам мтДНК и микросателлитам [14; 15]. Так, по генам мтДНК обнаружен только один гаплотип, присутствующий и в двух аборигенных популяциях Восточно-Китайского и Японского морей, что указывает на то, что именно эти регионы послужили источником интродукции в Чёрное море [1].

*Rapana venosa* – хищный брюхоногий моллюск, питающийся в основном двустворчатыми моллюсками. Мелкие улитки питаются путём сверления створки раковины, тогда как крупные улитки могут атаковать и поглощать двустворчатых моллюсков, применяя удушающий способ [5]. В Чёрном море рапана за первый год вырастает до 20–40 мм, средний размер раковины для второго года составляет 65 мм и 92 мм – для раковины шестого года. Продолжительность жизни *R. venosa* может достигать 12–18 лет. *R. venosa* имеет широкие экологические интервалы обитания по температуре, солёности, дефициту кислорода и загрязнению [16], толерантна к изменениям солёности (7–32‰) [11] и температуры (4–27°C) (ICES, 2004), что, вероятно, позволяет этим животным переносить длительные перевозки и заселять новые ареалы. В новых местообитаниях *R. venosa* предпочитает скальные, каменистые, песчаные или песчано-илистые грунты [17; 11; 18].

По причине отсутствия в Чёрном и Азовском морях естественных врагов, популяция моллюсков быстро разрослась и нанесла значительный ущерб местной фауне. Хотя полевые наблюдения за хищ-

никами, которые поедают рапану в местах интродукции, отсутствуют, лабораторные эксперименты показали, что некоторые крабы способны питаться мелкими моллюсками [5]. *R. venosa* в естественном ареале и новых местах обитания демонстрирует стабильность основных конхологических характеристик, что позволяет легко диагностировать этот вид [9], при этом половой диморфизм по раковине у рапаны отсутствует [19]. В целом складывается парадоксальная ситуация: один из наиболее эффективных и успешных инвазионных видов на всём громадном и разнородном пространстве своего нового ареала характеризуется необычайно низкой генетической изменчивостью (низкой гетерозиготностью, крайне низким гаплотипическим и нуклеотидным разнообразием, слабой внутригрупповой подразделённостью). Этот парадокс пытаются объяснить репродуктивными и онтогенетическими особенностями рапаны: высокой плодовитостью, наличием планктонной личинки (велигера), быстрым онтогенезом и созреванием [1].

Поэтому основной задачей настоящей работы стало описание генетической изменчивости *R. venosa* в инвазионной популяции, обитающей на шельфе Крымского полуострова Чёрного моря, и поиск причин адаптивного успеха этого моллюска.

**Материал и методы.** Моллюсков собирали в Карантинной бухте (Севастополь) под коллекторами мидийно-устричной фермы. 10 половозрелых экземпляров были отобраны для проведения молекулярно-генетического анализа. Сразу после доставки живых моллюсков в лабораторию тело извлекали из раковины, и из ноги брали пробу, которую фиксировали в 96% этаноле. Тотальную ДНК выделяли из ткани ноги моллюска при помощи набора innuPREP DNA Mini Kit (компания Analytik Jena, Германия). Анализ нуклеотидных последовательностей проводили по митохондриальному гену COI. Амплификацию фрагмента COI длиной 608 п.н. проводили с использованием ранее разработанных праймеров:

прямого – LC01490: 5'–GGTCAACAAATCATAAA-GATATTGG–3', и

обратного – HCO2198: 5'–TAAACTTCAGGGT-GACCAAAAAATCA–3'.

В качестве амплификационных смесей использовали готовые лиофилизованные реакционные смеси (мастермиксы), предназначенные для проведения амплификаций ДНК в объёме 20 мкл. Мастермиксы для проведения отдельной реакции содержали все необходимые для реакции компоненты, включая ингибированную для «горячего старта» Taq ДНК полимеразу, dNTP и краску для электрофореза (ООО «Научно-производственная фирма «Генлаб», Москва). Полимеразную цепную реакцию проводили в следующей последова-

тельности: 94°C – 2,5 мин, 94°C – 30 сек 35 циклов, 58°C – 1 мин 35 циклов, 72°C – 1 мин 35 циклов, 72°C – 10 мин. По гену COI мтДНК получены ампликоны для номеров с 1 по 10 включительно. Полученные ПЦР-продукты секвенировали на базе ЗАО «Евроген Ру» (Москва) в прямом и обратном направлениях. Филогенетическое древо с расчётом бутстреп-поддержек узлов ветвления (1000 репликаций) строили в программе MEGA 7.0 с применением метода «ближайшего соседства» (Neighbor Joining, NJ) [20].

Расчёты параметров генетической изменчивости осуществляли с применением программного пакета DNASP 5.10 [21]. Для сравнения использовали данные по гаплотипам COI соответствующей длины *R. venosa*, взятым из GenBank, NCBI (NCBI) из Чесапикского залива [1], акватории Чёрного моря возле берегов Турции [15] и Восточно-Китайского, Жёлтого и Охотского морей с побережий Кореи и Японии [1; 7; 22]. В качестве внешней группы использовали другого представителя семейства Muricidae – *Ergalatax margariticola* (Broderip in Broderip & Sowerby, 1833) (FR853861).

Индивидуальные онтогенетические каналы выявляли на 25 половозрелых моллюсках, для чего проводили оценку морфологической изменчивости раковины по 6 признакам: высота (H), ширина (D), высота завитка (Is), длина основного тела раковины от устья до начала верхнего завитка (Ips), длина устья (lu), ширина устья (hu). Для измерений использовали половозрелых особей с высотой раковины от 65 до 95 мм. Пластические признаки внешней морфологии представляли в виде индексов в % от высоты раковины. Статистическую обработку данных проводили с использованием многомерных методов анализа программного пакета Statistica 6.0. В анализе главных компонент собственные векторы рассчитывали по вариационно-корреляционной матрице. Длина вектора принималась равной 1. Контуры скаттера, образуемого особями на плоскости ГК, рассматривали как границы онтогенетического канала, т.е.

проекции той области многомерного пространства признаков, в которой располагаются индивидуальные онтогенетические траектории [23; 24].

**Результаты и обсуждение.** У всех 10 особей *R. venosa* из крымской акватории по фрагменту длиной 608 п.н. выявлен единственный гаплотип COI, соответствующий идентичным фрагментам из Жёлтого, Восточно-Китайского и Японского морей [1], и массово присутствующий в популяциях турецкой акватории Чёрного моря KP136660, KP136661 [14] и в Чесапикском заливе США MN087553, EU250090, EU250111 [1]. Филогенетический анализ подтверждает высокую степень униформности рапаны на всём протяжении естественного и новоприобретённых ареалов. Важно, что у рапаны из разных популяций замены нуклеотидов носят единичный характер, при этом однозначно преобладают замены типа транзиций, трансверсий же, как правило, на порядок меньше (табл. 1).

С одной стороны, отмеченное соотношение транзиций и трансверсий свидетельствует об устойчивости гена COI у рапаны, а с другой, о крайне низком мутационном потенциале этого гена у данного вида.

Полученные данные по точечным мутациям подтверждаются и при анализе параметров генетической изменчивости. Так, наиболее высокие значения гаплотипического и нуклеотидного разнообразия, внутрigrupповой дифференциации, количества гаплотипов, доли мутаций отмечены в естественной части ареала, а минимальные значения всех этих параметров – в инвазионных популяциях (табл. 2). Причём самые низкие значения наблюдались как раз в Чёрном море, и более того, именно в популяции крымской акватории.

При анализе морфологических признаков раковины установлено, что в пространстве главных компонент отсутствует дифференциация особей (рис. 1).

Это вполне очевидно, поскольку половозрелых особей подбирали примерно близких разме-

Таблица 1 – Оценка максимального правдоподобия схемы нуклеотидного замещения по сумме 607 пар нуклеотидов у рапаны *Rapana venosa* крымской акватории Чёрного моря

	<b>A</b>	<b>T</b>	<b>C</b>	<b>G</b>
<b>A</b>	–	2.53	1.07	<b>11.83</b>
<b>T</b>	1.66	–	<b>17.87</b>	1.33
<b>C</b>	1.66	<b>42.34</b>	–	1.33
<b>G</b>	<b>14.77</b>	2.53	1.07	–

Примечание: скорости замен по типу транзиций показаны жирным шрифтом, а коэффициенты трансверсий – курсивом. Частоты нуклеотидов составляют 25,19% (A), 38,41% (T), 20,18% (C) и 16,21% (G). Коэффициенты скорости транзиций/трансверсий составляют: k1 = 8,886 (пурины) и k2 = 16,707 (пиримидины). Общее смещение транзиций/трансверсий составляет  $R = 6,021$ , где  $R = [A * G * k1 + T * C * k2] / [(A + G) * (T + C)]$ .

Таблица 2 – Параметры генетической изменчивости гена COI в некоторых инвазионных и исходных популяциях рапаны *Rapana venosa*

Популяция	n	S	H	H <sub>d</sub>	π	K
<i>R. venosa</i> крымской акватории Чёрного моря	10	0.0	1	0.0	0.0	0.0
<i>R. venosa</i> турецкой акватории Чёрного моря	10	0.0	1	0.0	0.0	0.0
<i>R. venosa</i> Чесапикского залива США	10	0.0	1	0.0	0.0	0.0
<i>R. venosa</i> дальневосточных морей	30	40.0	23	0.933	0.002	6.206

Примечание: n – количество изученных экземпляров; S – число полиморфных сайтов; h – количество гаплотипов; H<sub>d</sub> – гаплотипическое разнообразие; π – нуклеотидное разнообразие; K – внутригрупповая нуклеотидная дифференциация.

ров (высота от 65 до 95 мм). Однако при аппроксимации собственных значений 1-й и 2-й компонент на высоту раковины наблюдали формирование двух траекторий развития. Особенно чётко скаттеры распределения выявляются при проекции 2-й компоненты на высоту раковины.

Изучение нуклеотидной структуры гена COI подтвердило вывод, установленный предыдущими исследователями, о мономорфизации, в том числе данного гена, в популяциях рапаны на новых акваториях [1]. Более того, если принять во внимание, что экспансия рапаны началась именно с Чёрного моря, то гаплотипическая равномерность COI в крымской акватории наглядно демонстрирует, что за более чем 70 лет своего обитания в новом

бассейне никакого накопления изменчивости не наблюдается. Это особенно отчётливо подтверждается при сравнении с рапанами из турецкой и румынской акваторий Чёрного моря [14]. Вместе с тем следует отметить, что популяция рапаны Чёрного моря вошла в период своей стабилизации, характеризующейся периодическими стандартизированными колебаниями численности. При этом, несмотря на значительный промысел, популяция Чёрного моря выглядит весьма устойчивой, плотность уже много лет удерживается в диапазоне 0,01–0,05 экз/м<sup>2</sup> [17; 9].

Попытки объяснить такое уникальное состояние инвазионных популяций рапаны предпринимались неоднократно как с экологических

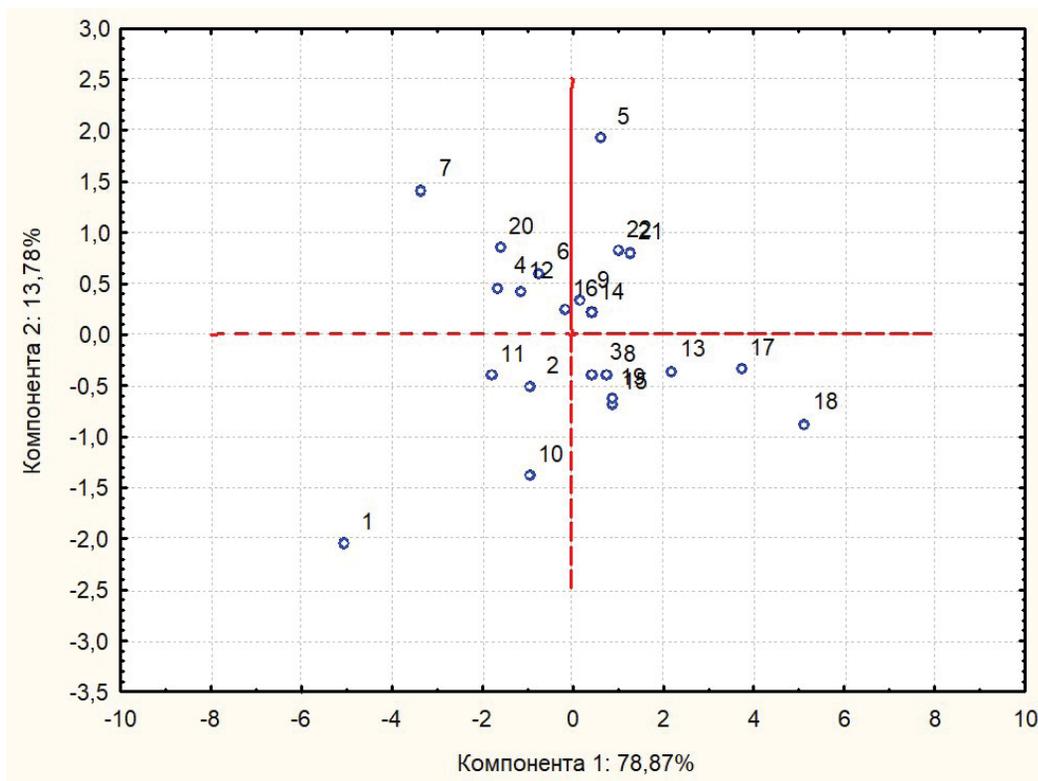


Рисунок 1 – Распределение особей *Rapana venosa* в пространстве главных компонент по совокупности 7 морфометрических признаков раковины

позиций (активное хищничество, отсутствие врагов, хорошая кормовая база, высокая плодовитость и быстрое созревание, наличие планктонной стадии – велигера, высокая устойчивость к колебаниям гидролого-гидрохимических факторов и химическим загрязнениям) [17; 9; 19; 11; 16], так и с генетических (высокая селективная ценность отдельных гаплотипов, закрепившихся на новых акваториях) [1; 22]. Объяснение последнему феномену дано с позиций принципа основателя и эффекта «горлышка бутылки». На самом деле, единственным успехом актуализации данного принципа в отношении рапаны стало доказательство того факта, что вселения из разных мест и множественного проникновения этого моллюска в Чёрное море, по-видимому, не происходило [25]. Однако попыток объяснить столь значительную генетическую мономорфизацию рапаны в Чёрном море не предпринималось. Отмечено лишь, что долгосрочная стабильность такой популяции невозможна, тогда как анализ экологических и морфологических особенностей рапаны на новых местообитаниях, и прежде всего в Чёрном море, позволил некоторым авторам утверждать, что данная популяция экологически пластичная, и её ожидает дальнейшее эволюционное процветание [17; 9]. Самым существенным аргументом этого стал анализ тенденций изменения роста и особенностей габитуса раковины у особей рапаны, представляющих как различные популяции, так и на внутривидовом уровне. В результате было выявлено существование нескольких экоморфологических форм (т.н. «типичной» и «карликовой», последняя включает в себя «таисную» форму) в разных районах Чёрного моря [17; 4]. В пользу о предположении существования разных форм свидетельствует информация об особенностях питания, а также разнообразии биотопов обитания рапаны. Сверлящий тип питания более характерен для мелких форм [19]. Вместе с тем, для естественной части ареала наличие экоморф рапаны не столь выражено, равно как и размерно-возрастная структурированность.

Выявление двух траекторий развития (креодов онтогенеза) всецело подтверждает справедливость предположения о существовании морфо-экологических форм рапаны в Чёрном море. Отчётливо прослеживается формирование скатерров именно по 2-й компоненте, что отражает различие в программах развития, непосредственно относящихся к формированию пропорций раковины, а не к её линейному росту. Это подтверждает, с одной стороны, существование у рапаны морфо-экологических форм, а с другой – не связывает их формирование с линейным ростом, как предполагали предыдущие авторы [17; 4]. Выявляемая фенотипическая дивергенция, обуславливающая внутривидовую диверсификацию [26], свидетельствует в пользу одного из базовых тезисов современной теории биоинвазий, согласно которому наиболее ярко механизмы биоинвазий проявляются при трансконтинентальных переносах и выражаются, прежде всего, в реализации концепции адаптивного компромисса эпигенетической теории эволюции [27; 28].

**Выводы.** Таким образом, *R. venosa*, спустя 70 лет после своего проникновения в Чёрное море, сохраняет высокую численность, экологическую пластичность и значительную толерантность к факторам среды. По гену COI подтверждено, что в инвазионных популяциях рапаны в разных частях Мирового океана наблюдается крайне низкий уровень генетической изменчивости. Вместе с тем, предполагается, что в популяции крымской акватории Чёрного моря наблюдаются, как минимум, две онтогенетические программы развития, затрагивающие морфометрические пропорции раковины и, возможно, нашедшее своё выражение во внутривидовой диверсификации рапаны – формировании двух морфо-экологических форм. Следовательно, феномен значительного экологического успеха рапаны в инвазионных популяциях по всему миру при необычайно низкой генетической изменчивости обеспечивается, прежде всего, достижением адаптивного компромисса и формированием нескольких трендов развития.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Chandler E. A., McDowell J. R., Graves J. E. Genetically monomorphic invasive populations of the rapa whelk, *Rapana venosa* // Molecular Ecology. 2008. Vol. 17., № 18. P. 4079–4091. DOI 10.1111/j.1365-294X.2008.03897.x.
2. Culha M., Bat L., Dogan A., Dagli E. Ecology and distribution of the veined rapa whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) in Sinop Peninsular (Southern Black Sea) Turkey // Journal of Animal and Veterinary Advances. 2009. Vol. 8 (1). P. 51–58. ISSN 1680-5593.
3. Slynko Y. V., Slynko E. E., Pirkova A. V. [et al.] Mitochondrial DNA Barcoding of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) (Mollusca: Bivalvia: Ostreidae), Cultivated in the Black Sea // Russian Journal of Genetics. 2018. Vol. 54. P. 1445–1451. DOI 10.1134/S1022795418120153.
4. Giberto D. A., Bremec C. S., Schejter L. [et al.] The invasive rapa whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846): status and potential ecological impacts in the Río de la Plata estuary, Argentina-Uruguay // Journal of Shellfish Research. 2006. Vol. 25 (3). P. 919–924. doi.org/10.2983/0730-8000(2006)25[919:TIRWRV]2.0.CO;2.

5. Harding J. M., Kingsley-Smith P., Savini D., Mann R. Comparison of predation signatures by Atlantic oyster drills (*Urosalpinx cinerea* Say, Muricidae) and veined rapa whelks (*Rapana venosa* Valenciennes, Muricidae) in bivalve prey // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 2007. Vol. 352. P. 1–11. doi.org/10.1016/j.jembe.2007.06.027.
6. Kim Dae-Won, Won Gi Yoo, Hyun Chul Park [et al.] DNA Barcoding of Fish, Insects, and Shellfish in Korea // Genomics & Informatics. 2012. Vol. 10 (3). P. 206–211. DOI 10.5808/GI.2012.10.3.206.
7. Yang J., Li Q., Kong L. [et al.] Genetic structure of the veined rapa whelk (*Rapana venosa*) populations along the coast of China // Biochemical Genetics. 2008. Vol. 46. P. 539–548. DOI 10.1007/s10528-008-9168-4.
8. Драпкин Е. И. Новый моллюск в Чёрном море // Природа. 1953. № 9. С. 92–95.
9. Переладов М. В. Современное состояние популяции и особенности биологии рапаны (*Rapana venosa*) в северо-восточной части Чёрного моря // Труды ВНИРО. 2013. Т. 150. С. 8–20.
10. Savini D., Occhipinti-Ambrogi A. Consumption rates and prey preference of the invasive gastropod *Rapana venosa* in the Northern Adriatic Sea // Helgoland Marine Research. 2006. Vol. 60. P. 153–159. DOI 10.1007/s10152-006-0029-4.
11. Mann R., Harding J. M. Salinity tolerance of larval *Rapana venosa*: Implications for dispersal and establishment of an invading predatory gastropod on the North American Atlantic coast // Biological Bulletin. 2003. Vol. 204 (1). P. 96–103. DOI 10.2307/1543499.
12. Lanfranconi A., Hutton M., Brugnoli E., Muniz P. New record of the alien mollusc *Rapana venosa* (Valenciennes 1846) in the Uruguayan coastal zone of Rio de la Plata // Pan-American Journal of Aquatic Sciences (PANAM-JAS). 2009. Vol. 4 (2). P. 216–221.
13. Pastorino G., Penchaszadeh P. E., Schejter L., Bremec C. *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) (Mollusca: Muricidae): A New Gastropod in South Atlantic Waters // Journal of Shellfish Research. 2000. Vol. 19, № 2. P. 897–899.
14. Kolukirik M., Karahan A., Ozturk D. I. Development of a quick molecular based technique for identification of zooplankton in the Black Sea // Environ. Sci. 2014. Vol. 25. P. 104–109.
15. Xue D., Graves J. E., Carranza A. [et al.] Successful worldwide invasion of the veined rapa whelk, *Rapana venosa*, despite a dramatic genetic bottleneck // Biological Invasions. 2018. Vol. 20. Is. 11. P. 3297–3314. DOI 10.1007/s10530-018-1774-4.
16. Zolotarev V. The Black Sea Ecosystem Changes Related to the introduction of New Mollusc Species // Marine Ecology. 1996. Vol. 17, Is. 1-3. P. 227–236. DOI 10.1111/j.1439-0485.1996.tb00504.x.
17. Бондарев И. П. Морфогенез раковины и внутривидовая дифференциация рапаны *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) // Ruthenica: Русский малакологический журнал. 2010. Т. 20, № 2. P. 69–90. EDN TPVMFH.
18. Seyhan K., Mazlum R. E., Saglam H. [et al.] Diel feeding periodicity, gastric emptying, and estimated daily food consumption of whelk (*Rapana venosa*) in the south eastern Black Sea marine ecosystem // Indian Journal of Marine Science. 2003. Vol. 32 (3). P. 249–251. DOI 10.1007/s10750-016-2645-6.
19. Чухчин В. Д. Размножение рапаны (*Rapana bezoar* L.) в Черном море // Труды Севастопольской биологической станции. М. : Изд-во АН СССР, 1961. Т. 14. С. 163–168.
20. Saitou N., Nei M. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees // Molecular Biology and Evolution. 1987. Vol. 4, № 4. P. 406–425. DOI 10.1093/oxfordjournals.molbev.a040454.
21. Librado P., Rozas J. DnaSP v5: a software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data // Bioinformatics. 2009. Vol. 25, № 11. P. 1451–1452. DOI 10.1093/bioinformatics/btp187.
22. Zou S., Li Q., Kong L. Multigene barcoding and phylogeny of geographically widespread muricids (Gastropoda: Neogastropoda) along the coast of China // Marine Biotechnology (NY). 2012. Vol. 14 (1). P. 21–34. DOI 10.1007/s10126-011-9384-5.
23. Mina M. V. Morphological diversification of fish as a consequence of the divergence of ontogenetic trajectories // Ontogenез. 2001. Vol. 32, No. 6. P. 471–476. EDN MPINSN.
24. Mina M. V., Mironovsky A. N., Dgebuadze Yu. Morphometry of barbel of Lake Tana, Ethiopia: Multivariate ontogenetic channels // Folia Zoologica. 1996. Vol. 45, Suppl. 1. P. 109–116.
25. Roman J., Darling J. A. Paradox lost: genetic diversity and the success of aquatic invasions // Trends in Ecology & Evolution. 2007. Vol. 22 (9). P. 454–464. DOI 10.1016/j.tree.2007.07.002.
26. Berner D., Stutz W. E., Bolnick D. I. Foraging trait (co) variances in stickleback evolve deterministically and do not predict trajectories of adaptive diversification // Evolution. 2010. Vol. 64 (8). P. 2265–2277. DOI 10.1111/j.1558-5646.2010.00982.x.
27. Шишкин М. А. Индивидуальное развитие и уроки эволюционизма // Онтогенез. 2006. Т. 37, № 3. С. 179–198. ISSN 0475-1450. EDN НТИПDR.
28. Шмальгаузен И. И. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. Избран. тр. М. : Наука, 1982. 383 с. ISBN 978-5-90598-642-0.

## References

1. Chandler E. A., McDowell J. R., Graves J. E. Genetically monomorphic invasive populations of the rapa whelk, *Rapana venosa* // Molecular Ecology. 2008. Vol. 17, № 18. P. 4079–4091. DOI 10.1111/j.1365-294X.2008.03897.x.
2. Culha M., Bat L., Dogan A., Dagli E. Ecology and distribution of the veined rapa whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) in Sinop Peninsular (Southern Black Sea) Turkey // Journal of Animal and Veterinary Advances. 2009. Vol. 8 (1). P. 51–58. ISSN 1680-5593.
3. Slynko Y. V., Slynko E. E., Pirkova A. V. [et al.] Mitochondrial DNA Barcoding of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) (Mollusca: Bivalvia: Ostreidae), Cultivated in the Black Sea // Russian Journal of Genetics. 2018. Vol. 54. P. 1445–1451. DOI 10.1134/S1022795418120153.
4. Giberto D. A., Bremec C. S., Schejter L. [et al.] The invasive rapa whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846): status and potential ecological impacts in the Río de la Plata estuary, Argentina-Uruguay // Journal of Shellfish Research. 2006. Vol. 25 (3). P. 919–924. doi.org/10.2983/0730-8000(2006)25[919:TIRWRV]2.0.CO;2.
5. Harding J. M., Kingsley-Smith P., Savini D., Mann R. Comparison of predation signatures by Atlantic oyster drills (*Urosalpinx cinerea* Say, Muricidae) and veined rapa whelks (*Rapana venosa* Valenciennes, Muricidae) in bivalve prey // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 2007. Vol. 352. P. 1–11. doi.org/10.1016/j.jembe.2007.06.027.
6. Kim Dae-Won, Won Gi Yoo, Hyun Chul Park [et al.] DNA Barcoding of Fish, Insects, and Shellfish in Korea // Genomics & Informatics. 2012. Vol. 10 (3). P. 206–211. DOI 10.5808/GI.2012.10.3.206.
7. Yang J., Li Q., Kong L. [et al.] Genetic structure of the veined rapa whelk (*Rapana venosa*) populations along the coast of China // Biochemical Genetics. 2008. Vol. 46. P. 539–548. DOI 10.1007/s10528-008-9168-4.
8. Drapkin E. I. Novyj molljusk v Chjornom more // Priroda. 1953. № 9. S. 92–95.
9. Pereladov M. V. Sovremennoe sostojanie populjicii i osobennosti biologii rapany (*Rapana venosa*) v severo-vostochnoj chasti Chjornogo morja // Trudy VNIRO. 2013. T. 150. S. 8–20.
10. Savini D., Occhipinti-Ambrogi A. Consumption rates and prey preference of the invasive gastropod *Rapana venosa* in the Northern Adriatic Sea // Helgoland Marine Research. 2006. Vol. 60. P. 153–159. DOI 10.1007/s10152-006-0029-4.
11. Mann R., Harding J. M. Salinity tolerance of larval *Rapana venosa*: Implications for dispersal and establishment of an invading predatory gastropod on the North American Atlantic coast // Biological Bulletin. 2003. Vol. 204 (1). P. 96–103. DOI 10.2307/1543499.
12. Lanfranconi A., Hutton M., Brugnoli E., Muniz P. New record of the alien mollusc *Rapana venosa* (Valenciennes 1846) in the Uruguayan coastal zone of Rio de la Plata // Pan-American Journal of Aquatic Sciences (PANAMJAS). 2009. Vol. 4 (2). P. 216–221.
13. Pastorino G., Penchaszadeh P. E., Schejter L., Bremec C. *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) (Mollusca: Muricidae): A New Gastropod in South Atlantic Waters // Journal of Shellfish Research. 2000. Vol. 19, № 2. P. 897–899.
14. Kolkirik M., Karahan A., Ozturk D. I. Development of a quick molecular based technique for identification of zooplankton in the Black Sea // Environ. Sci. 2014. Vol. 25. P. 104–109.
15. Xue D., Graves J. E., Carranza A. [et al.] Successful worldwide invasion of the veined rapa whelk, *Rapana venosa*, despite a dramatic genetic bottleneck // Biological Invasions. 2018. Vol. 20. Is. 11. P. 3297–3314. DOI 10.1007/s10530-018-1774-4.
16. Zolotarev V. The Black Sea Ecosystem Changes Related to the introduction of New Mollusc Species // Marine Ecology. 1996. Vol. 17, Is. 1-3. P. 227–236. DOI 10.1111/j.1439-0485.1996.tb00504.x.
17. Bondarev I. P. Morfogenez rakoviny i vnutrividovaja differenciacija rapany *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) // Ruthenica: Russkij malakologičeskij zhurnal. 2010. T. 20, № 2. P. 69–90. EDN TPVMFH.
18. Seyhan K., Mazlum R. E., Saglam H. [et al.] Diel feeding periodicity, gastric emptying, and estimated daily food consumption of whelk (*Rapana venosa*) in the south eastern Black Sea marine ecosystem // Indian Journal of Marine Science. 2003. Vol. 32 (3). P. 249–251. DOI 10.1007/s10750-016-2645-6.
19. Chukhchin V. D. Razmnoženie rapany (*Rapana bezoar* L.) v Chernom more // Trudy Sevastopol'skoj biologičeskoj stancii. M. : Izd-vo AN SSSR, 1961. T. 14. S. 163–168.
20. Saitou N., Nei M. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees // Molecular Biology and Evolution. 1987. Vol. 4, № 4. P. 406–425. DOI 10.1093/oxfordjournals.molbev.a040454.
21. Librado P., Rozas J. DnaSP v5: a software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data // Bioinformatics. 2009. Vol. 25, № 11. P. 1451–1452. DOI 10.1093/bioinformatics/btp187.
22. Zou S., Li Q., Kong L. Multigene barcoding and phylogeny of geographically widespread muricids (Gastropoda: Neogastropoda) along the coast of China // Marine Biotechnology (NY). 2012. Vol. 14 (1). P. 21–34. DOI 10.1007/s10126-011-9384-5.

23. Mina M. V. Morphological diversification of fish as a consequence of the divergence of ontogenetic trajectories // *Ontogenez*. 2001. Vol. 32, No. 6. P. 471–476. EDN MPINSN.
24. Mina M. V., Mironovsky A. N., Dgebuadze Yu. Morphometry of barbel of Lake Tana, Ethiopia: Multivariate ontogenetic channels // *Folia Zoologica*. 1996. Vol. 45, Suppl. 1. P. 109–116.
25. Roman J., Darling J. A. Paradox lost: genetic diversity and the success of aquatic invasions // *Trends in Ecology & Evolution*. 2007. Vol. 22 (9). P. 454–464. DOI 10.1016/j.tree.2007.07.002.
26. Berner D., Stutz W. E., Bolnick D. I. Foraging trait (co) variances in stickleback evolve deterministically and do not predict trajectories of adaptive diversification // *Evolution*. 2010. Vol. 64 (8). P. 2265–2277. DOI 10.1111/j.1558-5646.2010.00982.x.
27. Shishkin M. A. Individual'noe razvitie i uroki jevoljucionizma // *Ontogenez*. 2006. T. 37, № 3. S. 179–198. ISSN 0475-1450. EDN HTIPDR.
28. Shmal'gauzen I. I. Organizm kak celoe v individual'nom i istoricheskom razvitii. Izbran. tr. M. : Nauka, 1982. 383 s. ISBN 978-5-90598-642-0.

*Сведения об авторах*

**Елена Евгеньевна Слынько** – кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией генетики и ПЦР-анализа, доцент кафедры биоэкологии и биологической безопасности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», spin-код: 4927-5457.

**Евгений Николаевич Белкин** – аспирант факультета микробиологии и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», Evg628@yandex.ru.

**Сергей Викторович Климкин** – аспирант факультета микробиологии и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», s3047573@yandex.ru.

*Information about the authors*

**Elena E. Slynko** – Candidate of Biological Sciences, Docent, Head of the Laboratory of Genetics and PCR Analysis, Associate Professor of the Department of Bioecology and Biological Safety, Associate Professor of the Department of Bioecology and Biological Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University", spin-code: 4927-5457.

**Evgeniy N. Belkin** – postgraduate student of the Faculty of Microbiology and Biotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University", Evg628@yandex.ru.

**Sergey V. Klimkin** – postgraduate student of the Faculty of Microbiology and Biotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Biotechnological University", s3047573@yandex.ru.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Научная статья  
УДК 636.271  
doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.010

## ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОДБОРА В ПЛЕМЕННОМ ЗАВОДЕ ПО РАЗВЕДЕНИЮ СКОТА КОСТРОМСКОЙ ПОРОДЫ СПК «ГРИДИНО» КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**Надежда Сергеевна Баранова<sup>1</sup>, Антон Александрович Королев<sup>2</sup>,  
Дмитрий Сергеевич Казаков<sup>3</sup>, Анна Альбертовна Валавина<sup>4</sup>**

<sup>1, 3, 4</sup>Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Караваяево, Россия

<sup>2</sup>Костромской региональный информационно-селекционный центр при  
Костромской государственной сельскохозяйственной академии, Караваяево, Россия

<sup>1</sup>baranova-ns2@yandex.ru, ORCID 0000-0001-5123-848X

<sup>2</sup>toscha.koroliow@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1561-5449

<sup>3</sup>rammfak@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6050-5690

<sup>4</sup>anna.valli@yandex.ru

**Реферат.** В статье приведён анализ разных видов подбора в племенном заводе по разведению крупного рогатого скота костромской породы СПК «Гридино» Красносельского района Костромской области. По данным бонитировки 2023 года, в СПК «Гридино» Красносельского района численность крупного рогатого скота составила 605 гол., в том числе 425 коров. За 305 дней последней законченной лактации удой на корову в хозяйстве составил 6806 кг, содержание жира – 4,36%, белка – 3,36%. Проведённая инвентаризация племенного скота костромской породы с учётом кровности по улучшающей бурой швицкой породе импортной селекции свидетельствует, что в стаде СПК «Гридино» кровность по улучшающей бурой швицкой породе составила 44,7%. Анализ гомогенного и гетерогенного подборов позволил выявить для стада СПК «Гридино» наиболее перспективные варианты для повышения удоёв, содержания жира и белка в молоке коров. Коровы с тесным инбридингом за три лактации имеют более высокую продуктивность, чем аутбредные коровы, на 873 кг ( $P \leq 0,05$ ), с отдалённым инбридингом – на 1200 кг ( $P \leq 0,001$ ) и умеренным – на 1220 кг ( $P \leq 0,001$ ). В настоящее время приняты меры для сохранения генофонда костромской породы путём постановки быков-производителей – продолжателей заводских линий, полученных в результате таковых спариваний. За 2017–2023 годы на племпредприятия России на накопление семени поставлен 41 бык-производитель костромской породы, в том числе из СПК «Гридино» – 25 быков. Выделены быки-производители с ценными генотипами ВВ и А2А2.

*Ключевые слова:* отечественная порода, костромская порода, племенной завод, подбор, молочная продуктивность

## EVALUATION OF DIFFERENT TYPES OF SELECTION IN THE BREEDING FARM FOR KOSTROMA BREED CATTLE BREEDING AT APC “GRIDINO” OF THE KOSTROMA REGION

**Nadezhda S. Baranova<sup>1</sup>, Anton A. Korolev<sup>2</sup>, Dmitriy S. Kazakov<sup>3</sup>, Anna A. Valavina<sup>4</sup>**

<sup>1, 3, 4</sup>Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo, Russia

<sup>2</sup>Kostroma Regional Information and Breeding Center at the Kostroma State Agricultural Academy,  
Karavaevo, Russia

<sup>1</sup>baranova-ns2@yandex.ru, ORCID 0000-0001-5123-848X

<sup>2</sup>toscha.koroliow@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1561-5449

<sup>3</sup>rammfak@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6050-5690

<sup>4</sup>anna.valli@yandex.ru

**Abstract.** The article provides an analysis of different types of selection in the breeding farm for Kostroma breed cattle breeding at APC “Gridino” of the Krasnoselskiy district of the Kostroma region. According to the 2023 evaluation data, the cattle population at SPK “Gridino” in the Krasnoselskiy district amounted to 605 heads, including 425 cows. For 305 days of the last completed lactation, milk yield per cow on the farm was

**Оценка различных типов подбора в племенном заводе по разведению скота  
костромской породы СПК «Гридино» Костромской области**

6806 kg, fat content – 4.36%, protein – 3.36%. Made inventory of breeding cattle of the Kostroma breed, taking into account the blood relationship of improving breeding Brown Swiss breed of imported selection, indicates that in the herd of APC "Gridino", the blood relationship of the improving Brown Swiss breed was 44.7%. The analysis of homogeneous and heterogeneous selection made it possible to identify the most promising options for increasing milk yield, fat and protein content in the milk of cows for the herd of APC "Gridino". Cows with close inbreeding over three lactations have a higher productivity than outbred cows by 873 kg ( $P \leq 0.05$ ), with distant inbreeding – by 1200 kg ( $P \leq 0.001$ ) and moderate – by 1220 kg ( $P \leq 0.001$ ). Currently, measures have been taken to preserve the gene pool of the Kostroma breed by setting up servicing bulls - successors of factory lines obtained as a result of planned matings. During 2017–2023 41 Kostroma breed servicing bulls were supplied to Russian breeding enterprises for semen accumulation, including 25 bulls from APC "Gridino". Servicing bulls with valuable BB and A2A2 genotypes have been identified.

*Keywords: domestic breed, the Kostroma breed, breeding farm, selection, milk producing ability*

**Введение.** В практике племенной работы отбор и подбор представляют собой последовательные звенья единого процесса, они направлены на непрерывное качественное совершенствование отдельных стад и целых пород животных в нужном направлении. Однако между отбором и подбором, конечно, существуют различия. Отбор решает судьбу особи: будет или не будет она участвовать через своё потомство в дальнейшей эволюции породы, а подбор определяет качество будущего потомства.

Подбору уделяли большое внимание известные учёные и практики: М. М. Щепкин, П. Н. Кулешов, М. Ф. Иванов, Е. А. Богданов, Д. А. Кисловский, Н. А. Кравченко и другие [1].

Проблема подбора является наиболее сложной в науке о разведении животных. Именно подбору принадлежит ведущая роль в совершенствовании сельскохозяйственных животных, поскольку племенная ценность производителя зависит и от того, с какими матками он спаривался. До сих пор до конца не раскрыты остаются причины неодинаковой сочетаемости различных заводских линий, маточных семейств и отдельных животных в пределах линии или породы [2; 3].

При использовании разных методов подбора в линиях создаётся синтетическая селекция, формируются новые генотипы и новые комбинации признаков. Поэтому и необходима оценка эффективности применения того или иного метода подбора в линиях [4].

Многие авторы рекомендуют при проведении подбора обращать внимание не только на повышение молочной продуктивности, но и на получение животных, обладающих крепким здоровьем и длительным сроком хозяйственного использования [5].

Чтобы повысить результативность работы по созданию желательных типов скота, следует применять внутрелинейный подбор, а также двух- и трёхлинейные кроссы, и изучать комбинационные способности линий [6].

Цель исследований заключалась в определе-

нии влияния метода подбора на продуктивные качества молочного скота костромской породы.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились в СПК «Гридино» Красносельского района Костромской области на чистопородном костромском скоте. Материалом исследований послужили данные племенного и зоотехнического учёта, отчёты по итогам бонитировки в животноводстве Костромского регионального информационно-селекционного центра при ФГБОУ ВО Костромская ГСХА.

Для исследований были выделены группы аутбредных и инбредных первотёлков. В качестве изучаемых селекционных показателей были выбраны удои за лактацию, содержание жира и белка в молоке.

При оценке продуктивного долголетия и пожизненной продуктивности учитывались следующие показатели: продуктивное долголетие, лакт. (ПД); количество дойных дней, дн.; средний удои за лактацию, кг; пожизненный удои, кг (ПУ) – сумма удоев за все лактации; массовая доля жира и белка в молоке, %; количество молочного жира (КМЖ) и белка (КМБ), кг; лактационный показатель, кг (ЛП); удои на 1 день лактации, кг; удои на 1 день жизни, кг.

Методами исследований послужили общезоотехнические, популяционно-генетические и аналитические с использованием компьютерных программ ИАС «СЕЛЭКС» Многохозяйственный и BON-Milk Регион. Статистическая обработка материалов проводилась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel с вычислением критерия достоверности по Стьюденту.

**Результаты исследований.** В настоящее время в Российской Федерации разводят 25 пород и 23 заводских и внутривидовых типа крупного рогатого скота молочного направления, которые играют первостепенную роль в обеспечении населения молоком и молочными продуктами. На начало 2023 года поголовье крупного рогатого скота в стране составило 17 млн 488,6 тыс. гол., производство сырого молока в 2022 году достигло уровня

32,98 млн т. Основное поголовье и большая часть произведённого молока сосредоточены в крупных сельскохозяйственных организациях, надой на корову составил в среднем 7440 кг, что практически соответствует уровню стран с высокоразвитым молочным скотоводством [7].

Костромская порода крупного рогатого скота в структуре пород Костромской области в настоящее время занимает 33,0%. Численность крупного рогатого скота костромской породы на 1 января 2024 года в хозяйствах всех категорий составила 4999 гол., в том числе 3025 коров. За 305 дней последней законченной лактации удой на корову составил 7571 кг молока, содержание жира – 4,06%, белка – 3,35%, живая масса – 549 кг.

Совершенствование племенных и продуктивных качеств скота костромской породы в Костромской области осуществляется тремя племзаводами и тремя племрепродукторами, в которых поголовье составляет 3981 гол., в том числе коров 2431 гол. Увеличился удой на корову, который в племзаводах достиг уровня 8092 кг молока, с содержанием жира – 4,08%, содержанием белка – 3,36%. В пле-

мрепродукторах удой на корову составил 6931 кг молока, содержание жира – 4,19%, содержание белка – 3,44%.

В племзаводе СПК «Гридино» Красносельского района, по данным бонитировки 2023 года, насчитывается крупного рогатого скота 605 гол., в том числе 425 коров. Удой на корову в хозяйстве за 305 дней последней законченной лактации достиг 6806 кг с содержанием жира 4,36%, белка – 3,36%.

Дальнейшее увеличение продукции собственного производства возможно на основе интенсификации животноводства, внедрения новых эффективных технологий, поддержке новых форм хозяйствования, использования лучшего мирового генофонда для совершенствования отечественного молочного скота, ведения углубленной племенной работы [8].

Улучшается костромской скот бурой швицкой породой импортной селекции, поэтому в племенных хозяйствах проведена инвентаризация с учётом кровности по улучшающей породе. В стаде СПК «Гридино» кровность по улучшающей бурой швицкой породе составила 44,7%. В насто-

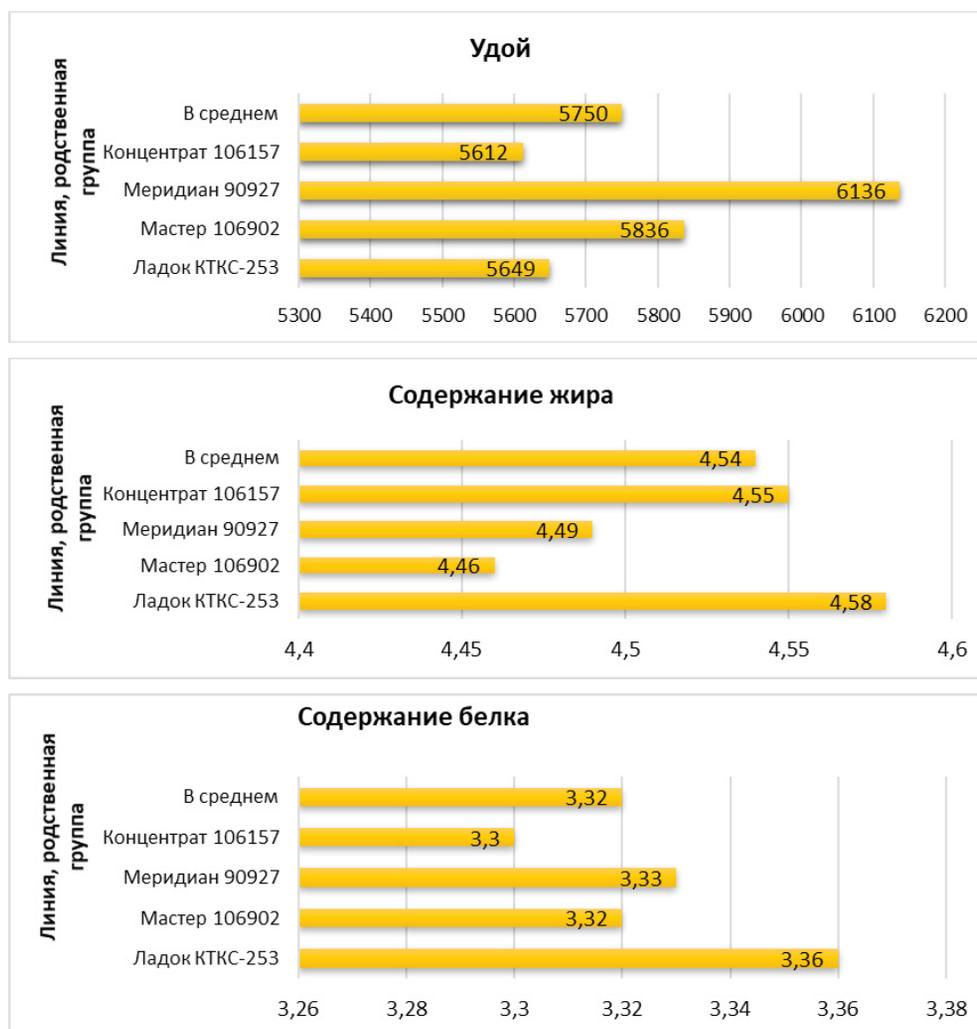


Рисунок 1 – Гомогенный подбор в стаде племзавода СПК «Гридино»

### Оценка различных типов подбора в племенном заводе по разведению скота костромской породы СПК «Гридино» Костромской области

ящее время приняты меры для сохранения генофонда костромской породы путём постановки быков-производителей – продолжателей заводских линий, полученных в результате заказных спариваний.

В молочном скотоводстве применяют три метода разведения, одним из которых является чистопородное разведение. Чистопородные животные характеризуются консолидированной наследственностью, чистопородное разведение – это основной метод разведения в племенных хозяйствах. Применяют при чистопородном разведении два основных типа подбора – гомогенный и гетерогенный.

Результаты гомогенного (внутрилинейного) подбора в стаде племязавода приведены на рисунке 1.

Лучшим удоём отличались первотёлки родственной группы Меридиана – 6136 кг молока. Их удоём был самый высокий, но достоверной разницы между группами не выявлено. По жирности молока первотёлки линии Ладка имели самые высокие показатели – 4,58%, что на 0,09% выше в сравнении с коровами родственной группы Меридиана ( $P \leq 0,01$ ). В сравнении со всеми первотёлками (310 гол.) не выявлено достоверной разницы по удою и содержанию жира в молоке первотёлок сравниваемых групп.

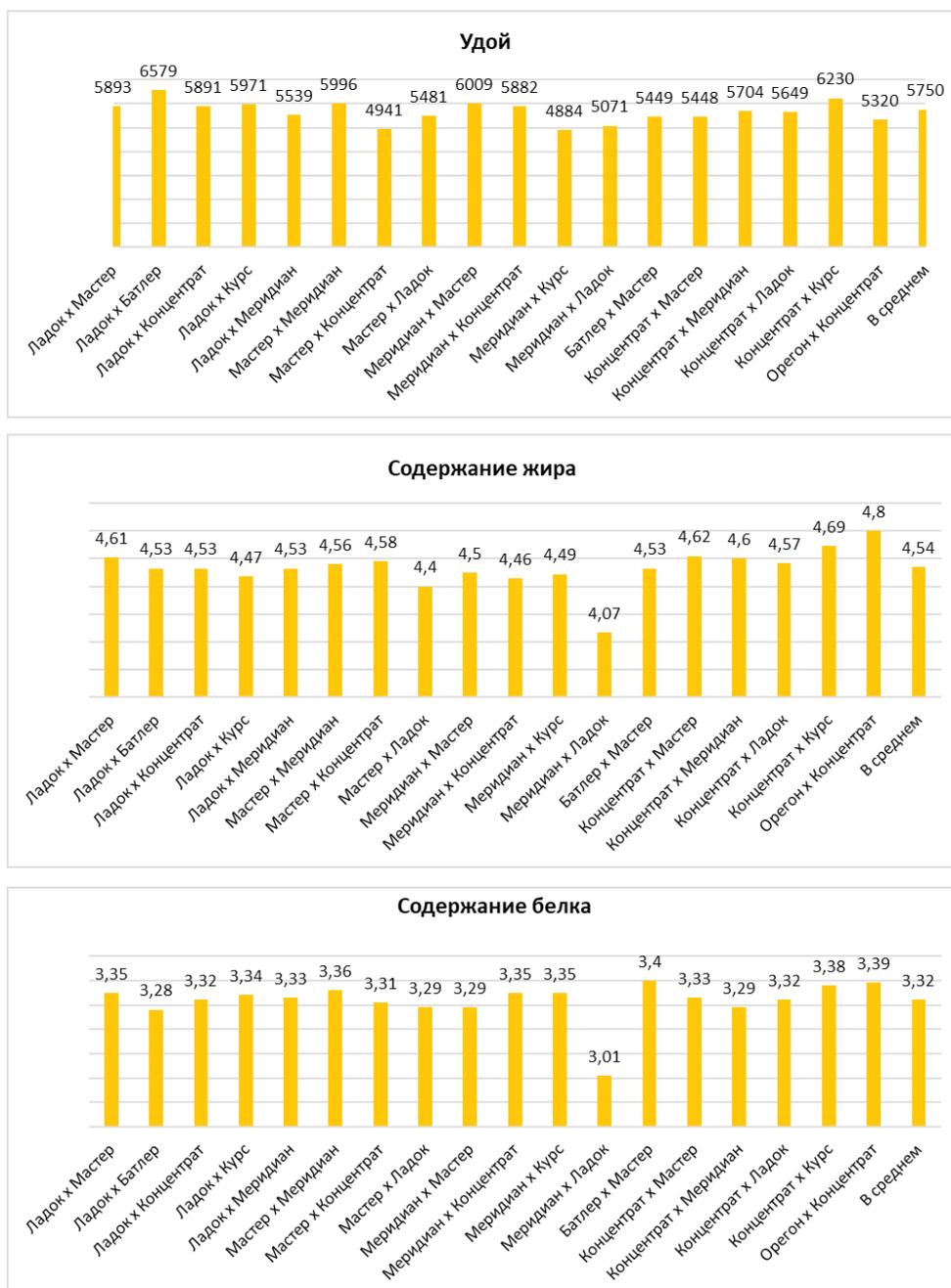


Рисунок 2 – Гетерогенный подбор в стаде СПК «Гридино»

Самое высокое содержание белка в молоке отмечено у первотёлок линии Ладка –  $3,36 \pm 0,02\%$ , что больше, чем у животных родственной группы Концентрата, на  $0,06\%$  ( $P \leq 0,05$ ) и на  $0,04\%$  ( $P \leq 0,05$ ), в сравнении с общей выборкой.

При совершенствовании и создании высокопродуктивных стад молочного скота немаловажное научное и практическое значение имеет оценка эффективности гетерогенного (межлинейные кроссы) подбора (рис. 2).

По удою лучший показатель наблюдается у дочерей первотёлок с сочетаемостью линий Ладок × Батлер – 6579 кг молока, что больше, чем у сочетаний Ладок × Меридиан, на 1040 кг ( $P \leq 0,01$ ), и Ладок × Концентрат – на 688 кг ( $P \leq 0,05$ ).

По содержанию жира лучшее сочетание при подборе Орегон × Концентрат – 4,80% и Концентрат × Курс – 4,69%. Сочетание линий Орегон × Концентрат по содержанию жира в молоке превосходит сверстниц, максимум, при сочетании Мастер × Ладок, на  $0,40\%$  ( $P \leq 0,001$ ) и минимум – Концентрат × Мастер на  $0,18\%$  ( $P \leq 0,05$ ), за исключением Концентрат × Курс.

Если сравнивать со средними показателями по выборке (310 гол.), то наивысший удой получен

при сочетании Ладок × Батлер (6579 кг), по содержанию жира в молоке – Концентрат × Меридиан (4,60%) и Концентрат × Курс (4,69%), по содержанию белка – Мастер × Меридиан (3,36%), Батлер × Мастер (3,40%), Концентрат × Курс (3,38%) и Орегон × Концентрат (3,39%).

Крайней формой гомогенного подбора является инбридинг (рис. 3).

В хозяйстве большинство коров (202 гол., или 52,2%) были получены без использования инбридинга, то есть в хозяйстве ведётся контроль за грамотным подбором быков-производителей. Приемлемые формы инбридинга, такие как отдалённый – выявлен у 99 коров (25,6%) и умеренный – встречается у 79 голов (20,4%). Тесный инбридинг отмечен у 7 коров (1,8%).

Аутбредные коровы по удою за первую лактацию показали продуктивность 6142 кг молока, содержание жира – 4,12% и содержание белка – 3,31% при живой массе 527 кг. Они превосходят коров с отдалённым инбридингом на 413 кг ( $P \leq 0,001$ ) и с умеренным – на 375 кг ( $P \leq 0,01$ ). Достоверной разницы по удою между аутбредными коровами и первотёлками, полученными тесным инбридингом, не выявлено, но продук-

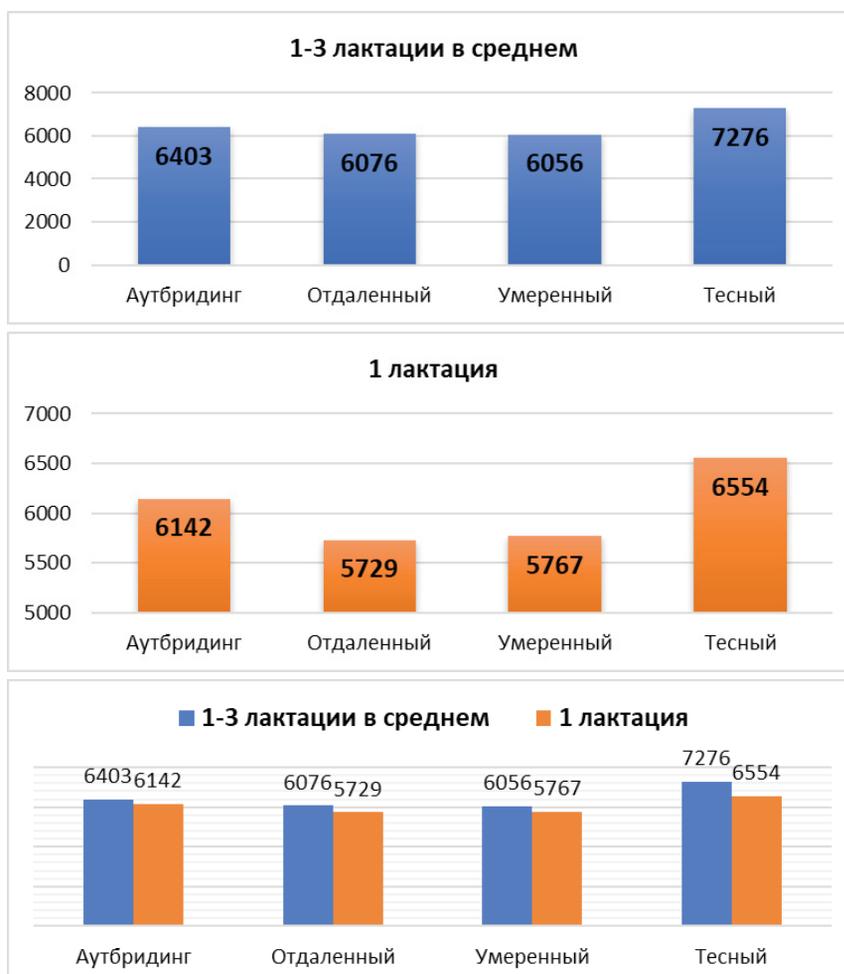


Рисунок 3 – Влияние степени инбридинга на продуктивность коров в стаде СПК «Гридино»

тивность при тесном инбридинге была высокой: удой составил 6554 кг молока, содержание жира в молоке – 4,26%, белка – 3,41%. Первотёлки при тесном инбридинге превосходят сверстниц, полученных при аутбридинге, на 0,14% ( $P \leq 0,05$ ), при отдалённом – на 0,15% ( $P \leq 0,05$ ). По содержанию белка между аутбредными первотёлками и с разной степенью инбридинга не выявлено. По живой массе первотёлки, полученные с применением отдалённого и умеренного инбридинга, имели более высокие показатели – 536 кг и 538 кг при  $P \leq 0,05$ .

В среднем за три лактации коровы с тесным инбридингом имели более высокую продуктивность (на 873 кг,  $P \leq 0,05$ ), чем аутбредные коровы, с отдалённым инбридингом – на 1200 кг ( $P \leq 0,001$ ) и умеренным – на 1220 кг ( $P \leq 0,001$ ). Аутбредные коровы за 1–3 лактации превосходят коров с отдалённым инбридингом на 327 кг ( $P \leq 0,01$ ) и умеренным – на 347 кг молока ( $P \leq 0,01$ ). По содержанию жира коровы при тесном инбридинге имеют самые высокие показатели (4,21%) и превосходят коров с аутбридингом на 0,13% ( $P \leq 0,001$ ), с отдалённым инбридингом – на 0,11% ( $P \leq 0,001$ ), с умеренным инбридингом – на 0,08% ( $P \leq 0,05$ ). По живой массе достоверной разницы между животными с разной степенью инбридинга не выявлено.

Благодаря гомогенному подбору коров можно добиться увеличения продуктивности и долголетия стада. При этом животные будут иметь лучшую способность к приспособлению к различным условиям содержания, меньше подвержены заболеваниям и имеют более высокий уровень продуктивности.

Таким образом, гомогенный подбор коров способствует повышению общей продуктивности стада, что в свою очередь увеличивает прибыльность животноводческого предприятия и обеспечивает стабильный доход от деятельности (табл. 1).

По продуктивному долголетию лучшей отмечена линия Ладка КТКС-253 – 6,50 лактаций, что на 1,24 лактации ( $P \geq 0,05$ ) больше, чем родственная группа Меридиана 90827 и на 0,80 лактации ( $P \geq 0,05$ ) – Мастера 106902, по пожизненному удою – на 9507 кг ( $P \geq 0,05$ ) больше родственной

группы Меридиана 90927 и на 12437 кг ( $P \geq 0,05$ ) родственной группы Мастера 106902. По количеству молочного жира в молоке коровы родственных групп Мастера 106902 и Меридиана 90827 уступают линии Ладка КТКС-253 на 562 кг ( $P \geq 0,05$ ) и 378 кг ( $P \geq 0,05$ ) соответственно. Также по содержанию белка линия Ладка КТКС-253 превосходит на 386 кг ( $P \geq 0,05$ ) коров родственной группы Мастера 106902 и на 284 кг ( $P \geq 0,05$ ) – родственной группы Меридиана 90827. По среднему удою за лактацию, 1 день лактации, 1 день жизни коровы линии Ладка КТКС-253 также имеют высокие показатели, но при недостоверной разнице.

Коровы костромской породы известны своей высокой продуктивностью и долголетием. При гетерогенном подборе, при оптимальных условиях кормления и содержания, коровы костромской породы могут давать молоко высокого качества и в достаточном количестве длительное время, поскольку они отличаются хорошим здоровьем и стойкостью к различным заболеваниям, что также способствует увеличению их продуктивности на протяжении всей жизни (табл. 2).

Анализ данных таблицы 2 показал, что наибольшее продуктивное долголетие отмечено у коров при сочетании родственной группы Мастера 106902 и линии Ладка КТКС-253 – 5,87 лактации, что больше, чем у коров сочетания Концентрат 106157 × Мастер 106902, на 2,74 лактации ( $P \leq 0,05$ ). По пожизненному удою между этими группами разница составила 13952 кг молока ( $P \leq 0,05$ ), по количеству молочного жира (КМЖ) – на 611 кг ( $P \leq 0,05$ ), количеству молочного белка (КМБ) – на 453 кг ( $P \leq 0,05$ ).

При сочетании Мастер 106902 × Ладок КТКС-253 продуктивное долголетие больше, по сравнению с коровами сочетания Курс ИКС-161 × Ладок КТКС-253, на 2,62 лактации ( $P \leq 0,05$ ), а по пожизненному удою – на 17280 кг молока ( $P \leq 0,01$ ).

По среднему удою за лактацию между группами достоверной разницы не выявлено, а по среднему удою на 1 день лактации выделяются коровы при сочетаниях Мастер 106902 × Курс ИКС-161, Мастер 106902 × Меридиан 90827 и Концентрат

Таблица 1 – Продуктивное долголетие и пожизненная продуктивность коров при гомогенном подборе

Линия, родственная группа	Число коров, гол.	Продуктивное долголетие, лакт.	Пожизненный удой, кг	КМЖ, кг	КМБ, кг	Средний удой, кг		
						за лактацию	на 1 день лактации	на 1 день жизни
Ладок 2537	10	6,50±0,63	49722±5484	2224±247	1611±177	7842±849	19,65±0,70	12,56±0,72
Мастер 106902	10	5,70±0,96	37285±6129	1662±268	1225±199	6879±972	18,59±0,87	10,71±1,21
Меридиан 90827	19	5,26±0,60	40215±5078	1846±230	1327±166	7520±416	19,38±0,60	11,69±0,78

Примечание: КМЖ – количество молочного жира, КМБ – количество молочного белка.

Таблица 2 – Продуктивное долголетие и пожизненная продуктивность коров костромской породы при гетерогенном подборе

Линия, родственная группа		Число коров, гол.	Продуктивное долголетие, лакт.	Пожизненный удой, кг	КМЖ, кг	КМБ, кг	Средний удой, кг		
отца	матери						за лактацию	на 1 день лактации	на 1 день жизни
Ладок КТКС-253	Мастер 106902	9	3,89±0,84	27203±5878	1255±270	893±193	7348±681	18,91±1,13	9,52±0,95
Мастер 106902	Курс	8	5,25±0,94	40288±7783	1812±353	1307±247	7956±816	<b>19,48±0,80*</b>	<b>11,21±0,97*</b>
	Ладок КТКС-253	15	<b>5,87±0,77*</b>	<b>37978±4766**</b>	<b>1733±225*</b>	<b>1246±161*</b>	6688±361	17,32±0,59	10,41±0,62
	Меридиан 90827	10	3,70±0,80	26946±6011	1252±280	888±190	7203±554	<b>19,52±0,72*</b>	9,87±0,75
Меридиан 90827	Ладок КТКС-253	18	5,72±0,48	40275±4445	3780±2042	1322±145	6941±404	18,90±0,65	<b>11,57±0,61**</b>
	Мастер 106902	15	5,07±0,68	34943±4607	1623±212	1157±152	7233±491	19,22±0,69	<b>10,61±0,58*</b>
Концентрат 106157	Ладок КТКС-253	19	4,89±0,58	35211±4146	1622±196	1153±134	7152±222	<b>19,36±0,35*</b>	<b>10,91±0,60*</b>
	Мастер 106902	15	3,13±0,45	24026±3672	1122±175	793±121	7519±309	19,07±0,46	9,50±0,77
	Меридиан 90827	16	3,81±0,57	27251±3948	1262±185	909±132	7501±408	18,70±0,49	9,94±0,71
Курс ИКС-161	Ладок КТКС-253	8	3,25±0,66	20698±4278	933±194	668±134	7152±1686	16,64±1,09	8,09±1,00
	Мастер 106902	13	4,77±0,77	31935±5642	1459±261	1057±182	6889±567	17,97±0,80	9,93±0,79
	Меридиан 90827	8	5,00±0,86	35426±5636	1604±245	1171±182	7230±791	18,26±1,02	10,60±1,06

Примечание: КМЖ – количество молочного жира; КМБ – количество молочного белка; \* –  $P \leq 0,05$ ; \*\* –  $P \leq 0,01$ .

106157 × Ладок КТКС-253, при достоверной разнице на 2,84, 2,88 и 2,72 кг молока ( $P \leq 0,05$ ) по сравнению с коровами сочетания Курс ИКС-161 × Ладок КТКС-253.

На один день жизни удой наиболее высокий у коров при сочетании Мастер 106902 × Курс ИКС-161, Меридиан 90827 × Ладок КТКС-253, Меридиан 90827 × Мастер 106902, Концентрат 106157 × Ладок КТКС-253, на 3,12, 3,48, 2,52 и 2,82 кг молока соответственно, при достоверной разнице.

**Выводы.** Анализ гомогенного и гетерогенного подборов позволил выявить для стада СПК «Гридино» наиболее перспективные варианты для повышения удоев, содержания жира и белка в молоке коров. При внутрилинейном подборе высоким удоём отличались первотёлки родственной группы Меридиана 90827 – 6136 кг молока ( $P \geq 0,05$ ). По жирности молока первотёлки линии Ладка КТКС-253 имели самые высокие показатели – 4,58%, что выше в сравнении с коровами родственной группы Меридиана 90827 на 0,09% ( $P \leq 0,01$ ). При

сравнении со средними показателями по выборке (310 гол.) высокий удой получен при сочетании Ладок КТКС-253 × Батлер 107506 (6579 кг), по содержанию жира в молоке – Концентрат 106157 × Меридиан 90827 (4,60%) и Концентрат 106157 × Курс ИКС-161 (4,69%), по содержанию белка – Мастер 106902 × Меридиан 90827 (3,36%). При гомогенном подборе наилучшие показатели выявлены у дочерей линии Ладок КТКС-253. В результате анализа гетерогенного подбора наибольший пожизненный удой, количество молочного жира и молочного белка отмечены у дочерей сочетания Мастер 106902 × Ладок КТКС-253. По среднему удою на 1 день лактации выделяются коровы при сочетаниях Мастер 106902 × Курс ИКС-161, Мастер 106902 × Меридиан 90827 и Концентрат 106157 × Ладок КТКС-253. На один день жизни удой наиболее высокий у коров при сочетании Мастер 106902 × Курс ИКС-161, Меридиан 90827 × Ладок КТКС-253, Меридиан 90827 × Мастер 106902, Концентрат 106157 × Ладок КТКС-253.

*Список источников*

1. Борисенко Е. Я. Разведение сельскохозяйственных животных. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Колос, 1967. 463 с.
2. Попов Н. А., Сидорова В. Ю., Марзанова Л. К. Оптимизация подбора в стадах молочного крупного рогатого скота. М. : Дубровицы, 2008. 48 с. EDN WAVVRN.
3. Федосенко Е. Г., Баранов А. В., Тараканова Г. Н., Семкина Н. И. Селекция высокопродуктивных коров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (136). С. 78–81. EDN VQSPPT.
4. Самусенко Л. Д. Формирование продуктивности крупного рогатого скота в зависимости от вариантов подбора // Биология в сельском хозяйстве. 2018. № 3 (20). С. 10–12. EDN XZWNV.
5. Шевелева О. М., Свяженина М. А., Смирнова Т. Н. Использование разных методов подбора для совершенствования стада крупного рогатого скота черно-пестрой породы в племенном заводе // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2 (167). С. 87–93. DOI 10.36718/1819-4036-2021-2-87-93. EDN GCFJDD.
6. Королев А. А., Баранова Н. С., Королева Е. А. Совершенствование скота костромской породы при использовании быков-производителей отечественной и импортной селекции : монография. Кострома : Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. 206 с. ISBN 978-5-16-017975-9. DOI 10.12737/1900632.
7. Сафина Г. Ф., Чернов В. В., Амерханов Х. А. [и др.] Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2021). М. : Изд-во «ФГБНУ ВНИИплем», 2022. 261 с. ISBN 978-5-87958-423-3.
8. Тамарова Р. В. Тенденции развития молочного скотоводства в Ярославской области в условиях рыночной экономики // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 1 (61). С. 42–53. DOI 10.35694/YARCX.2023.61.1.005. EDN EWWAXD.

*References*

1. Borisenko E. Ya. Razvedenie sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh. 4-e izd., pererab. i dop. M. : Kolos, 1967. 463 s.
2. Popov N. A., Sidorova V. Yu., Marzanova L. K. Optimizaciya podbora v stadah molochnogo krupnogo rogatogo skota. M. : Dubrovicy, 2008. 48 s. EDN WAVVRN.
3. Fedosenko E. G., Baranov A. V., Tarakanova G. N., Semkina N. I. Selekcija vysokoproduktivnyh korov // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 2 (136). S. 78–81. EDN VQSPPT.
4. Samusenko L. D. Formirovanie produktivnosti krupnogo rogatogo skota v zavisimosti ot variantov podbora // Biologiya v sel'skom hozyajstve. 2018. № 3 (20). S. 10–12. EDN XZWNV.
5. Sheveleva O. M., Svyazhenina M. A., Smirnova T. N. Ispol'zovanie raznyh metodov podbora dlya sovershenstvovaniya stada krupnogo rogatogo skota cherno-pestroj porody v plemennom zavode // Vestnik KrasGAU. 2021. № 2 (167). S. 87–93. DOI 10.36718/1819-4036-2021-2-87-93. EDN GCFJDD.
6. Korolev A. A., Baranova N. S., Koroleva E. A. Sovershenstvovanie skota kostromskoj porody pri ispol'zovanii bykov-proizvoditelej otechestvennoj i importnoj selekcii : monografiya. Kostroma : Kostromskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2023. 206 s. ISBN 978-5-16-017975-9. DOI 10.12737/1900632.
7. Safina G. F., Chernov V. V., Amerkhanov Kh. A. [i dr.] Ezhegodnik po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozyajstvah Rossijskoj Federacii (2021). M. : Izd-vo «FGBNU VNIIPlem», 2022. 261 s. ISBN 978-5-87958-423-3.
8. Tamarova R. V. Tendencii razvitiya molochnogo skotovodstva v Yaroslavskoj oblasti v usloviyah rynochnoj ekonomiki // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2023. № 1 (61). S. 42–53. DOI 10.35694/YARCX.2023.61.1.005. EDN EWWAXD.

*Сведения об авторах*

**Надежда Сергеевна Баранова** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой частной зоотехнии, разведения и генетики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spm-код: 5892-2760.

**Антон Александрович Королев** – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий Костромским региональным информационно-селекционным центром, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spm-код: 3492-4938.

**Дмитрий Сергеевич Казаков** – старший преподаватель кафедры частной зоотехнии, разведения и генетики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», spm-код: 7034-9853.

**Анна Альбертовна Валавина** – аспирант кафедры частной зоотехнии, разведения и генетики, Федераль-

ное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», anna.valli@yandex.ru.

*Information about the authors*

**Nadezhda S. Baranova** – Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Head of the Department of Small Animal Science, Breeding and Genetics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kostroma State Agricultural Academy”, spin-code: 5892-2760.

**Anton A. Korolev** – Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Kostroma Regional Information and Breeding Center, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kostroma State Agricultural Academy”, spin-code: 3492-4938.

**Dmitriy S. Kazakov** – Senior Lecturer of the Department of Small Animal Science, Breeding and Genetics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kostroma State Agricultural Academy”, spin-code: 7034-9853.

**Anna A. Valavina** – postgraduate student of the Department of Small Animal Science, Breeding and Genetics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Kostroma State Agricultural Academy”, anna.valli@yandex.ru.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ ФГБОУ ВО «ЯРОСЛАВСКИЙ ГАУ» В 2023 ГОДУ ВЫШЛА  
М О Н О Г Р А Ф И Я

**Е.А. ГОРНИЧ, И.С. ТКАЧЕВА, М.К. ЧУГРЕЕВ**

**РЕСУРСЫ СРЕДНЕРУССКИХ ПЧЕЛ  
НА СЕВЕРЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ**

Мониторинг биологических и морфологических признаков *Apis mellifera mellifera* L. на севере ареала – важный аспект в деле сохранения среднерусских пчел на территории РФ. В монографии приведены результаты биоморфологической оценки современных медоносных пчел в северной части Нечернозёмной зоны РФ посредством экспресс-теста. Разработана и реализована схема чистопородного разведения среднерусских пчел с использованием инбридинга на основе критически малого количества исходного племенного материала. Разработан и внедрён метод стабилизации желаемой генетической основы среднерусских пчел. Создана научно-практическая основа для функционирования пчеловодного хозяйства в режиме племрепродуктора.

УДК 638.145.3; ББК 46.91; ISBN 978-5-98914-272-9; 160 СТР.

ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ:

150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58, ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ»

e-mail: e.bogoslovskaya@yarcx.ru

Научная статья  
УДК 631.3  
doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.011

## ДВИЖЕНИЕ ЗЕРНА МЕЖДУ ЦИЛИНДРАМИ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ РОТОРНОЙ СУШИЛКИ ПРИ ПРОГРЕВЕ

**Владимир Анатольевич Николаев**

Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Россия  
nikolaev53@inbox.ru, ORCID 0000-0001-7503-6612

**Реферат.** Конструкция полуавтоматической универсальной роторной сушилки, предназначенной для сушки материалов и изделий сельскохозяйственного и подсобного производства, имеет существенные отличия от сушилок, используемых в настоящее время в хозяйствах. Для данной сушилки необходима разработка теории загрузки, выгрузки и сушки различных материалов, в том числе зерна. Эффективность сушки зависит от многих факторов, в частности, от движения зерна в пространстве между внешним цилиндром и внутренним цилиндром за период его прогрева и сушки. В эти периоды слой зерна в пространстве между внешним цилиндром и внутренним цилиндром разделяется на три подслоя: *А*, *Б*, *В*. В подслое *А* и подслое *В* будет осуществляться не только конвективный нагрев зерна, но и перенос тепла зерном при его прогреве. В подслое *Б* осуществляется только конвективный нагрев зерна, почти не осуществляется перенос тепла зерном. Поэтому наличие подслоя *Б* нежелательно, либо толщина его должна быть минимальной. Единственно возможным путём уменьшения толщины подслоя *Б* является увеличение ширины лопастей на внутреннем цилиндре. С другой стороны, увеличение ширины лопастей на внутреннем цилиндре приведёт к увеличению соотношения скоростей потока воздуха по периметру внутреннего цилиндра. Окончательно оптимальную ширину лопастей на внутреннем цилиндре можно выявить только после расчёта всего процесса сушки зерна.

*Ключевые слова:* универсальная полуавтоматическая роторная сушилка, сушка зерна, внешний цилиндр, внутренний цилиндр, движение зерна, лопасти

## MOVEMENT OF GRAIN BETWEEN THE CYLINDERS OF A SEMI-AUTOMATIC ROTARY DRYER DURING HEATING

**Vladimir A. Nikolaev**

Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia  
nikolaev53@inbox.ru, ORCID 0000-0001-7503-6612

**Abstract.** The design of a semi-automatic universal rotary dryer designed for drying materials and products of agricultural and auxiliary production has significant differences from the dryers currently used on farms. For this dryer, it is necessary to develop the theory of loading, unloading and drying of various materials, including grain. The efficiency of drying depends on many factors, in particular, on the movement of grain in the space between the outer cylinder and the inner cylinder during the period of its heating and drying. During these periods, the grain layer in the space between the outer cylinder and the inner cylinder is divided into three sublayers: *A*, *B*, *V*. In sublayer *A* and sublayer *V*, not only convective heating of the grain will be carried out, but also heat transfer by the grain during its heating. In sublayer *B*, only convective heating of grain is carried out, almost no heat transfer by grain is carried out. Therefore, the presence of sublayer *B* is undesirable, or its thickness should be minimal. The only possible way to reduce the thickness of sublayer *B* is to increase the width of the blades on the inner cylinder. On the other hand, an increase in the width of the blades on the inner cylinder will lead to an increase in the ratio of air flow rates along the perimeter of the inner cylinder. The final optimal width of the blades on the inner cylinder can be revealed only after calculating the entire grain drying process.

*Keywords:* universal semi-automatic rotary dryer, grain drying, outer cylinder, inner cylinder, grain movement, blades

**Введение.** Существенной составляющей финансовых затрат на производство зерна в условиях Нечернозёмной зоны России являются затраты на его сушку. Как теоретические, так и конструкторские разработки многих авторов [1; 2; 3; 4; 5] нацелены на уменьшение этих финансовых издержек. Полуавтоматическая универсальная роторная сушилка [6] предназначена для сушки без существенной переналадки всех материалов и изделий сельскохозяйственного и подсобного производства, в частности, зерна. Зерно в процессе загрузки [7] попадает в пространство между внутренним цилиндром и внешним цилиндром, когда они находятся вверху, то есть в первом положении. Во втором положении цилиндров производят прогрев зерна, используя тепло отработавшего агента сушки. В третьем, четвёртом и пятом положениях цилиндров его продувает агент сушки. В шестом положении цилиндров высушиваемый материал охлаждают воздушным потоком, создаваемым всасывающим вентилятором охлаждения. Выгрузку зерна [8; 9] производят в первом положении внешнего цилиндра и внутреннего цилиндра.

Многие геометрические параметры полуавтоматической универсальной роторной сушилки получены конструктивно. Были определены параметры выгрузки и загрузки зерна в универсальную полуавтоматическую роторную сушилку [7; 8; 9; 10]. Между тем геометрические параметры некоторых элементов сушилки следует уточнить. Для

этого рассмотрим более тщательно перемещение зерна, находящегося между внутренним цилиндром и внешним цилиндром, при их совместном вращении (рис. 1) во втором положении, когда происходит прогрев зерна. Цель исследования – уточнение параметров элементов внутреннего цилиндра и внешнего цилиндра полуавтоматической универсальной роторной сушилки.

**Методика.** Для теоретического определения параметров перемещения зерна примем допущения:

- а) угол естественного откоса зерна уменьшается линейно при уменьшении его влажности;
- б) при увеличении влажности зерна на 1% угол естественного откоса увеличивается на 1°. Так, при влажности 15% угол естественного откоса составляет 30°, при влажности 16% – угол естественного откоса 31°; при влажности 17% – угол естественного откоса 32° и так далее; при влажности более 30% – угол естественного откоса 45°;
- в) там, где толщина слоя зерна между внешним цилиндром и внутренним цилиндром минимальная, а скорость потока воздуха через отверстия внутреннего цилиндра максимальная, влажность зерна при его продувке во втором положении на 1% меньше влажности окружающего зерна.

Сначала рассмотрим перемещение зерна, находящегося над внутренним цилиндром (рис. 1).

Допустим, начальная влажность зерна более 30%, угол естественного откоса 45°. Тогда в начале сушки зерно, расположенное вблизи точки А,

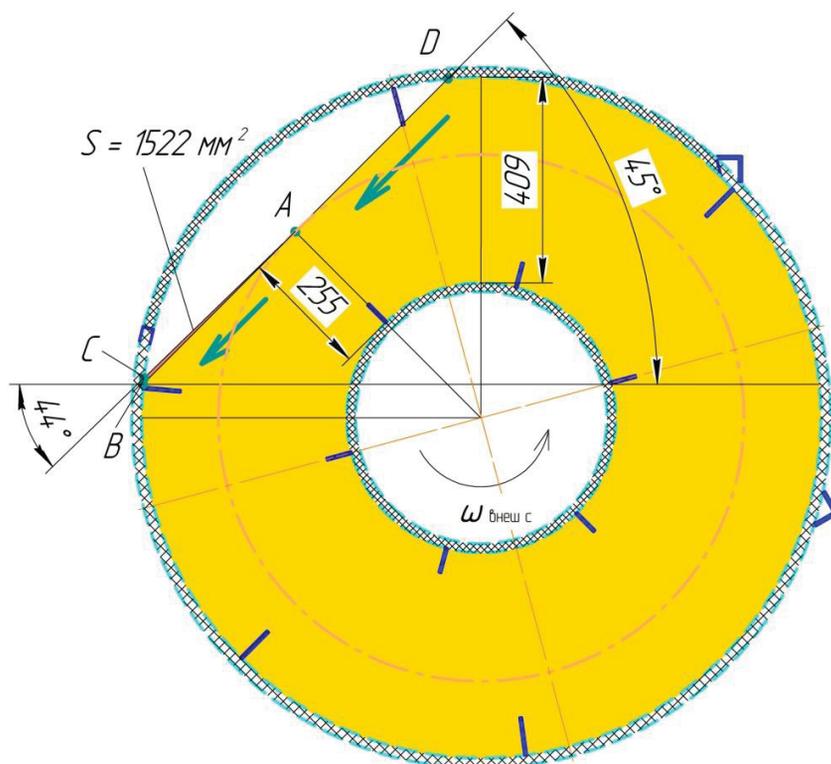


Рисунок 1 – Перемещение зерна, находящегося над внутренним цилиндром

### Движение зерна между цилиндрами полуавтоматической роторной сушилки при прогреве

будет иметь угол естественного откоса  $44^\circ$ . Оно от воздействия силы тяжести будет перемещаться от точки  $A$  к точке  $B$ . Оно заполнит сектор  $ABC$ , площадь сечения которого  $S = 1522 \text{ мм}^2$ . Этому перемещению будет способствовать поток агента сушки, уменьшающий трение между зерновками, но его не будем учитывать. Вблизи точки  $A$  будет создаваться углубление, в которое устремится зерно от внутренней стенки внешнего цилиндра, точки  $D$ . В процессе вращения цилиндров более сырое зерно от стенки внешнего цилиндра будет перемещаться в зону более интенсивной сушки, более сухое зерно будет перемещаться из зоны более интенсивной сушки к стенке внешнего цилиндра. Проведём через точку  $A$  окружность штрих-пунктирной линией. Массообмен зерна, находящегося над внутренним цилиндром, будет происходить в пространстве между этой линией и стенкой внешнего цилиндра. Определим интенсивность массообмена в начале сушки, если угловая скорость, с которой цилиндры вращаются совместно,  $\omega_{\text{внеш}} = 0,023 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \approx 1,3 \text{ град/с}$  (рис. 2) [10].

Из рисунка площадь сечения перемещаемого зерна  $S_{\text{зниц}} = 4146 \text{ мм}^2 = 0,004146 \text{ м}^2$ . Длина рабочей части цилиндров  $l_{\text{ц}} = 6 \text{ м}$  [6], поэтому объём перемещаемого зерна, находящегося над внутренним цилиндром,

$$V_{\text{зниц}} = S_{\text{зниц}} l_{\text{ц}};$$

$$V_{\text{зниц}} = 0,004146 \cdot 6 = 0,024876 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Масса перемещаемой пшеницы, находящейся над внутренним цилиндром, в единицу времени в начале сушки:

$$m_{\text{зниц}} = V_{\text{зниц}} \rho_{\text{п}};$$

$$m_{\text{зниц}} = 0,024876 \cdot 850 \approx 21,1 \text{ кг/с}.$$

Масса перемещаемой ржи

$$m_{\text{зниц}} = 0,024876 \cdot 750 \approx 18,7 \text{ кг/с}.$$

Масса перемещаемого ячменя

$$m_{\text{зниц}} = 0,024876 \cdot 700 \approx 17,4 \text{ кг/с}.$$

Масса перемещаемого овса

$$m_{\text{зниц}} = 0,024876 \cdot 550 \approx 13,7 \text{ кг/с}.$$

Затем рассмотрим перемещение зерна, находящегося под внутренним цилиндром (рис. 2). Во время загрузки пространство под внутренним цилиндром практически заполняется зерном за счёт его инерции и упругости при падении. Когда внешний цилиндр с внутренним цилиндром начинают вращаться, под внутренним цилиндром образуется свободное пространство, обусловленное углом естественного откоса зерна (см. рис. 3 *а*, *б*). Это свободное пространство также необходимо для очистки потоком агента сушки отверстий внутреннего цилиндра, в которые, возможно, при загрузке попали некоторые щуплые зерновки.

Так как под внутренним цилиндром образуется свободное пространство, следовало бы соответственно уменьшить свободное пространство над внутренним цилиндром, то есть сдвинуть отрезки  $CA$  и  $AD$  вверх влево. Однако одновременно с образованием свободного пространства под внутренним цилиндром происходит упорядочение

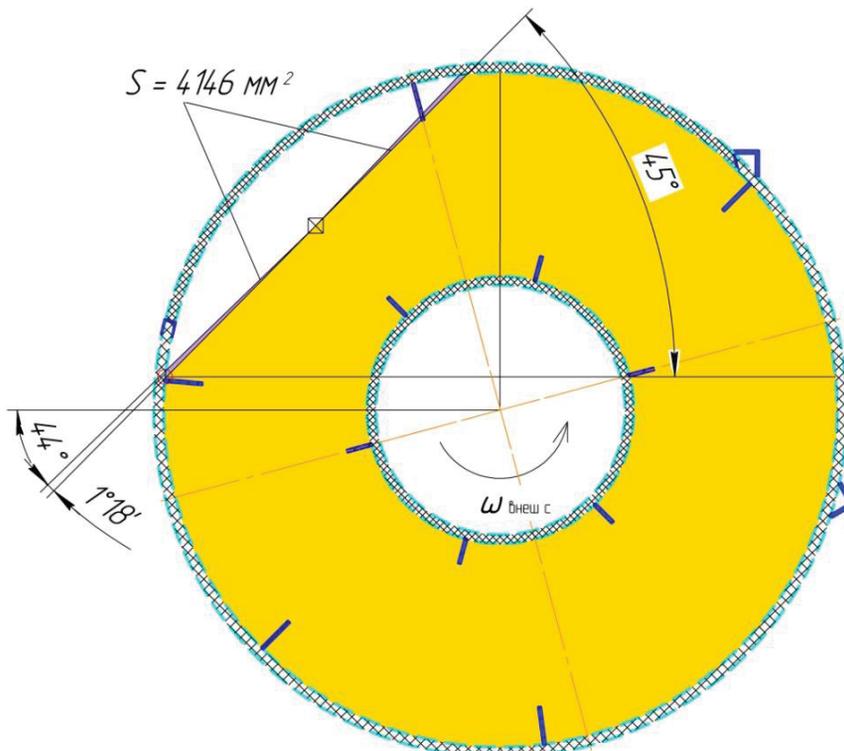


Рисунок 2 – К определению объёма перемещаемого зерна, находящегося над внутренним цилиндром

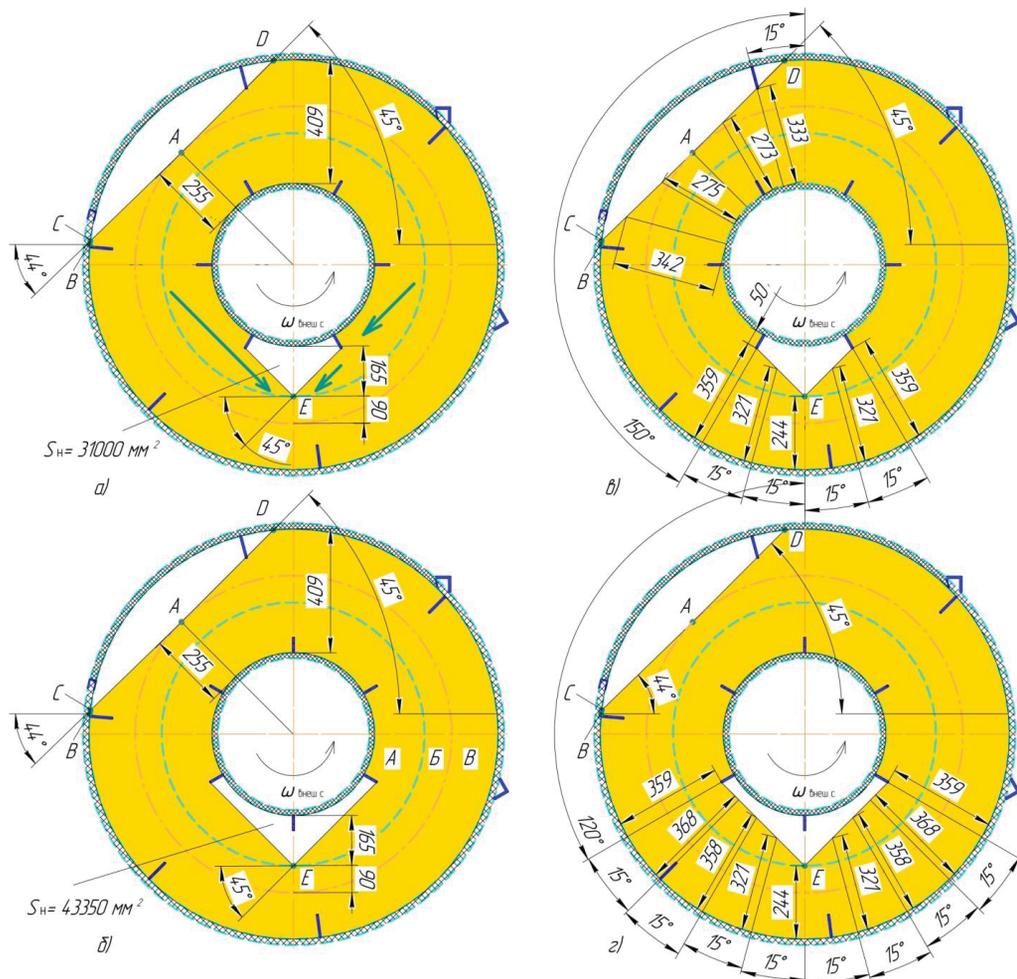


Рисунок 3 – Перемещение зерна, находящегося под внутренним цилиндром: а, б) при различных положениях лопастей внутреннего цилиндра; в, г) расстояния, преодолеваемые тёплым воздухом в слое зерна

положения зерновок при их перемещении и продувке нагретым воздухом, а также «всплытие» на поверхность лёгких частиц. Следовательно, происходят противоположные процессы, повышающие уровень зерна и понижающие его. Поэтому примем допущение, что в начальный период прогрева уровень зерна остаётся неизменным.

Объём свободного пространства под внутренним цилиндром при вращении цилиндров периодически изменяется от  $S_{\text{нmin}} = 31000 \text{ мм}^2$  до  $S_{\text{нmax}} = 43350 \text{ мм}^2$ . Однако расстояние от внутреннего цилиндра до точки  $E$  остаётся неизменным – 165 мм. Из рисунка 3 видно, что перемещаться будет не только зерно, находящееся над внутренним цилиндром, но и зерно, находящееся под внутренним цилиндром. При вращении цилиндров зерно будет стекать с лопастей внутреннего цилиндра и перемещаться к точке  $E$ . Так как объём свободного пространства под внутренним цилиндром при вращении цилиндров периодически изменяется, движение зерна под внутренним цилиндром будет также периодическим. Этот период соответствует углу поворота цилиндров

на  $30^\circ$ . Поскольку угловая скорость цилиндров  $\omega_{\text{внешс}} = 0,023 \text{ рад/с}$ , период перемещения зерна под внутренним цилиндром:

$$\tau_{\text{подц}} = \frac{30}{\omega_{\text{внешс}} \cdot 57,3} \approx 22,76 \text{ с.} \quad (1)$$

Объём перемещаемого зерна под внутренним цилиндром за период:

$$V_{\text{зщпер}} = (S_{\text{нmax}} - S_{\text{нmin}}) l_{\text{ц}} \quad (2)$$

$$V_{\text{зщпер}} = (0,043350 - 0,031) \cdot 6 = 0,0741 \text{ м}^3/\text{период.}$$

Условно в секунду объём перемещаемого зерна под внутренним цилиндром:

$$V_{\text{зщц}} = \frac{V_{\text{зщпер}}}{\tau_{\text{подц}}}; \quad (3)$$

$$V_{\text{зщц}} = \frac{0,0741}{22,76} = 0,00325 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Масса перемещаемой пшеницы, находящейся над внутренним цилиндром, в единицу времени при прогреве  $m_{\text{зщц}} = V_{\text{зщц}} \rho_{\text{п}};$   $m_{\text{зщц}} = 0,00325 \cdot 850 \approx 2,8 \text{ кг/с.}$

Масса перемещаемой ржи

$$m_{\text{ржи}} = 0,00325 \cdot 750 \approx 2,4 \text{ кг/с.}$$

Масса перемещаемого ячменя

$$m_{\text{яч}} = 0,00325 \cdot 700 \approx 2,3 \text{ кг/с.}$$

Масса перемещаемого овса

$$m_{\text{овс}} = 0,00325 \cdot 550 \approx 1,8 \text{ кг/с.}$$

Там, где толщина слоя зерна между внешним цилиндром и внутренним цилиндром 409 мм, примем условно скорость потока воздуха через отверстия внутреннего цилиндра равной 1. Допустим, поток тёплого воздуха при прогреве зерна движется строго радиально через отверстия внутреннего цилиндра, слой зерна в отверстия внешнего цилиндра. Допустим также, что скорость потока воздуха через отверстия внутреннего цилиндра обратно пропорциональна толщине слоя зерна между внешним цилиндром и внутренним цилиндром. Начиная отсчёт радиальной толщины слоя зерна от луча, выходящего из центра вращения цилиндров вертикально вверх, из рисунка 3 а, в, г определим относительную скорость потока воздуха через отверстия внутреннего цилиндра.

**Результаты.** Относительная зависимость скорости потока воздуха через отверстия внутреннего цилиндра от толщины слоя зерна между внешним цилиндром и внутренним цилиндром показана на рисунке 4.

Эпюра скорости потока воздуха, в соответствии с рисунком 3 в, в целом совпадает с эпюрой скорости потока воздуха в соответствии с рисунком 3 г, за исключением интервалов от 105 до 150° и от 210 до 255°. В этих интервалах скорость пото-

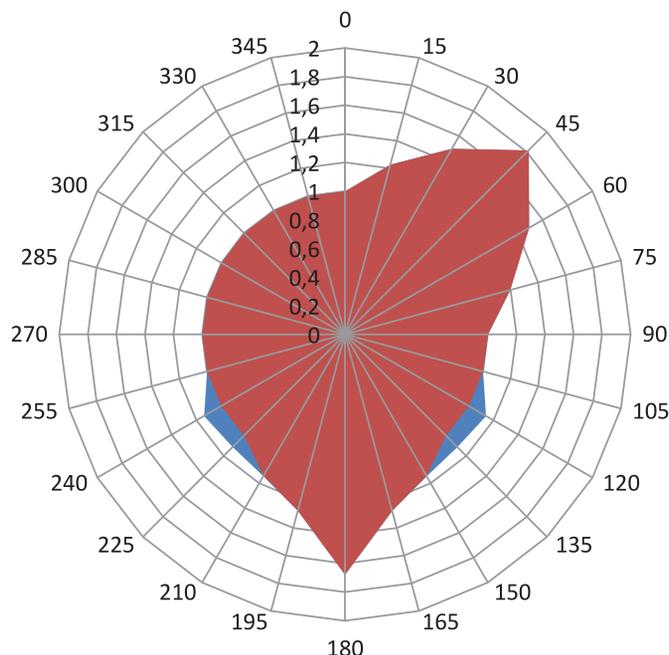
ка воздуха, в соответствии с рисунком 3 г, превышает скорость потока воздуха в соответствии с рисунком 3 в. В некоторых радиальных направлениях соотношение скоростей потока воздуха по периметру внутреннего цилиндра превышает 1,8.

Проведём окружность на рисунке 3 через точку Е. Слой зерна в пространстве между внешним цилиндром и внутренним цилиндром разделится на три подслоя: А, Б, В (см. рис. 3 б). Некоторые зерновки подслоя А непосредственно контактируют с внутренним цилиндром, поэтому тёплый воздух во втором положении цилиндров будет осуществлять в этом слое как контактный нагрев зерна, так и конвективный нагрев, перемещаясь сквозь поры в зерне. Контактный нагрев зерна начнётся в момент, когда оно будет плотно прижато к внутреннему цилиндру, то есть когда радиальный луч, в принятой системе отсчёта, расположен под углом 270°. Закончится контактный нагрев зерна в момент, когда оно не будет плотно прижато к внутреннему цилиндру, то есть когда радиальный луч будет расположен под углом 90°. Поэтому период контактного нагрева зерна продолжается в течение поворота цилиндров на угол 180°.

Определим время контактного нагрева зерна,  $\omega_{\text{внеш}} = 0,023 \text{ рад/с}$  (1):

$$\tau_{\text{кнзА}} = \frac{180}{\omega_{\text{внеш}} \cdot 57,3} \approx 136,58 \text{ с} \approx 2 \text{ мин. } 17 \text{ с.}$$

Когда зерновки подслоя А окажутся под внутренним цилиндром, произойдёт их интенсивное перемещение в пределах подслоя А (см. рис. 3 а).



■ эпюры скоростей в соответствии с рисунком 3 г ■ эпюры скоростей в соответствии с рисунком 3 в

Рисунок 4 – Эпюры скорости потока воздуха через отверстия внутреннего цилиндра (направление по часовой стрелке, то есть противоположное направлению вращения цилиндров)

Конвективный нагрев зерновок будет происходить в течение всего оборота цилиндров, условно прекращаясь лишь в точке  $E$ . Время конвективного нагрева зерна подслоя  $A$  в течение оборота цилиндров  $\tau_{\text{конвиз}A} = 2 \cdot 136,58 \approx 273 \text{ с} = 4 \text{ мин. } 33 \text{ с}$ .

В подслое  $B$  не будет происходить интенсивного перемещения зерновок. Их перемещение как в пределах подслоя, так и за его пределы будет незначительным. В подслое  $B$  будет происходить лишь конвективный нагрев зерновок проходящим через поры тёплым воздухом. Время конвективного нагрева зерна подслоя  $B$  в течение оборота цилиндров  $\tau_{\text{конвиз}B} \approx 273 \text{ с} = 4 \text{ мин. } 33 \text{ с}$ .

В подслое  $B$  будет происходить интенсивное перемещение зерновок от точки  $D$  к точке  $A$  и от точки  $A$  к точке  $C$  (см. рис. 2). Конвективный нагрев зерновок будет происходить в течение всего оборота цилиндров. Время конвективного нагрева зерна подслоя  $B$  в течение оборота цилиндров  $\tau_{\text{конвиз}B} \approx 273 \text{ с} = 4 \text{ мин. } 33 \text{ с}$ .

Известно [11], что при нагреве зерновки имеются две противоположные тенденции. С одной стороны, градиент влажности наружной и внутренней части зерновки способствует миграции влаги наружу. С другой стороны, градиент температуры противодействует миграции влаги изнутри зерновки наружу. Поэтому желательно медленное нагревание зерновки, чтобы градиент температуры наружной и внутренней части зерновки был минимальным. В подслое  $A$  и подслое  $B$  будет осуществляться не только конвективный нагрев зер-

на, но и перенос тепла зерном при его прогреве. В подслое  $B$  почти не осуществляется перенос тепла зерном. Поэтому наличие подслоя  $B$  нежелательно, либо толщина его должна быть минимальной. Его толщину можно уменьшить:

- уменьшением диаметра внешнего цилиндра;
- уменьшением объёма загружаемого зерна;
- увеличением ширины лопастей на внутреннем цилиндре.

Диаметр внутренней стенки внешнего цилиндра 1354 мм принят конструктивно [6] для размещения рулонов внутри внешних цилиндров. Его уменьшать нельзя. Уменьшение диаметра внешнего цилиндра не позволит использовать сушилку для сушки рулонов, поэтому уменьшится коэффициент использования сушилки в течение года.

Уменьшение объёма загружаемого зерна, с одной стороны, уменьшит пропускную способность сушилки. С другой стороны, в процессе сушки объём зерна может настолько уменьшиться, что соотношение скоростей потока воздуха (см. рис. 4) в некоторых радиальных направлениях по периметру внутреннего цилиндра превысит допустимые значения. Это приведёт к уменьшению эффективности прогрева зерна, а, возможно, к его полному прекращению. Поэтому единственно возможным путём уменьшения подслоя  $B$  является увеличение ширины лопастей на внутреннем цилиндре.

Лопастей на внутреннем цилиндре предназначены как для перемешивания зерна, так и для

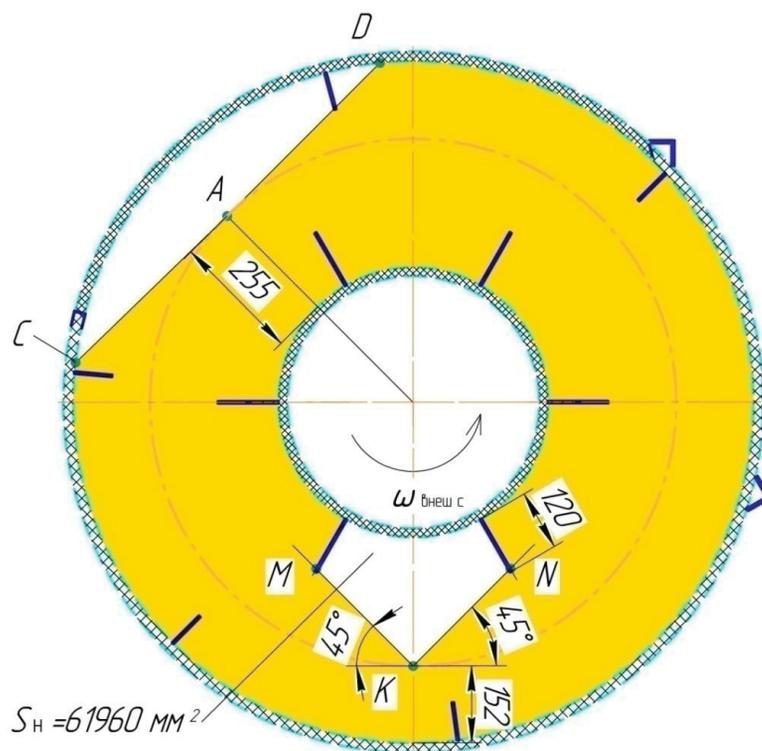


Рисунок 5 – К определению максимальной ширины лопастей на внутреннем цилиндре

### Движение зерна между цилиндрами полуавтоматической роторной сушилки при прогреве

придания жёсткости внутреннему цилиндру. Их ширина была принята конструктивно [6]. Из конструктивных соображений нет препятствий для увеличения их ширины. Определим максимальную ширину лопастей на внутреннем цилиндре путём построения (рис. 5).

Из точки  $K$  пересечения вертикали, проходящей через центр вращения цилиндров, и окружности, проходящей через точку  $A$ , проведём под углом  $45^\circ$  и  $-45^\circ$  два луча. Проведём лучи, продолжая направления лопастей. На пересечениях лучей поставим точки  $M$  и  $N$ . Максимальная ширина лопасти будет не менее расстояния от наружной стенки внутреннего цилиндра до точек  $M$  и  $N$ , то есть 120 мм. При этом расстояние от внутренней стенки внешнего цилиндра до точки  $K$ , то есть минимальная толщина слоя сырого зерна, 152 миллиметра.

**Вывод.** С увеличением ширины лопастей на внутреннем цилиндре объём минимального свободного пространства под внутренним ци-

линдром увеличился от  $S_{\text{min}} = 31000 \text{ мм}^2$  до  $S_{\text{min}} = 61960 \text{ мм}^2$ , то есть почти в два раза. Соответственно увеличился и объём максимального свободного пространства под внутренним цилиндром  $S_{\text{max}}$ . Увеличение объёма свободного пространства под внутренним цилиндром приведёт к вытеснению зерна в свободное пространство над внутренним цилиндром. Перемещение вниз точки  $K$  (см. рис. 5) вызовет смещение вверх влево точки  $A$ , соответственно, уменьшение подслоя  $B$ . Поэтому минимальная толщина слоя сырого зерна будет меньше. Уменьшение минимальной толщины слоя сырого зерна вызовет увеличение соотношения скоростей потока воздуха по периметру внутреннего цилиндра, так как воздух будет встречать малое сопротивление вблизи точки  $K$ . Поэтому увеличение ширины лопастей на внутреннем цилиндре должно быть умеренным. Оптимальную ширину лопастей на внутреннем цилиндре можно выявить только после расчёта всего процесса сушки зерна.

#### Список источников

1. Голубкович А. В., Павлов С. А., Марин Р. А. [и др.] Сушка зерна с использованием топок на твердом топливе // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 6. С. 9–15. ISSN 0321-4443. EDN YTXOLX.
2. Елизаров В. П., Павлов С. А., Марин Р. А. [и др.] Сушка зерна с переменным теплоподводом в колонковой зерносушилке // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 12. С. 24–25. ISSN 0321-4443. EDN VBFMFF.
3. Цугленок Н. В., Манасян С. К., Конусов Н. Н. Функциональное описание процесса сушки зерна // Вестник КрасГАУ. 2005. № 8. С. 217–221. ISSN 1819-4036. EDN BLHKEO.
4. Алиакберов И. И., Галиулин Ш. Р. К тепловому расчету зерносушилок барабанного типа // Вестник Казанского аграрного университета. 2009. Т. 4, № 4 (14). С. 144–149. ISSN 2073-0462. EDN KXTZIJ.
5. Алтухова Т. А., Алтухов С. В., Шуханов С. Н. Модернизация сушилки зернистых материалов // Тракторы и сельхозмашины. 2022. Т. 89, № 2. С. 149–153. DOI 10.17816/0321-4443-100577. EDN WDKQWT.
6. Пат. 2631586 Российская Федерация С1, МПК F26B 15/04 (2006.01), F26B 20/00 (2006.01). Полуавтоматическая роторная сушилка / В. А. Николаев, А. С. Ключников ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия». № 2016123868 ; заяв. 15.06.2016 ; опубл. 25.09.2017, Бюл. № 27. 29 с.
7. Николаев В. А. Расчёт загрузки зерна элементами универсальной полуавтоматической роторной сушилки // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 3 (59). С. 88–94. DOI 10.35694/YARCX.2022.59.3.012. EDN FBIMKR.
8. Николаев В. А. Выгрузка зерна из универсальной полуавтоматической роторной сушилки // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 4 (60). С. 100–105. DOI 10.35694/YARCX.2022.60.4.012. EDN APSADY.
9. Николаев В. А. Время выгрузки и загрузки зерна в универсальную полуавтоматическую роторную сушилку // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 2 (62). С. 89–93. DOI 10.35694/YARCX.2023.62.2.014. EDN DBGTRC.
10. Николаев В. А. Необходимый момент для вращения внешнего цилиндра и внутреннего цилиндра с зерном при его сушке в универсальной полуавтоматической роторной сушилке // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 3 (63). С. 91–97. DOI 10.35694/YARCX.2023.63.3.012. EDN BOVHSY.
11. Кленин Н. И., Киселев С. Н., Левшин А. Г. Сельскохозяйственные машины. М. : КолосС, 2008. 815 с. ISBN 978-5-9532-0455-2. EDN QKZZBR.

#### References

1. Golubkovich A. V., Pavlov S. A., Marin R. A. [i dr.] Sushkazerna s ispol'zovaniem topok na tverdom toplive // Traktory i sel'hozmashiny. 2017. № 6. S. 9–15. ISSN 0321-4443. EDN YTXOLX.
2. Elizarov V. P., Pavlov S. A., Marin R. A. [i dr.] Sushka zerna s peremennym teplopodvodom v kolonkovoju zernosushilke // Traktory i sel'hozmashiny. 2015. № 12. S. 24–25. ISSN 0321-4443. EDN VBFMFF.

3. Cuglenok N. V., Manasyan S. K., Konusov N. N. Funkcional'noe opisanie processa sushki zerna // Vestnik KrasGAU. 2005. № 8. S. 217–221. ISSN 1819-4036. EDN BLHKEO.

4. Aliakberov I. I., Galiulin Sh. R. K teplovomu raschetu zernosushilok barabannogo tipa // Vestnik Kazanskogo agrarnogo universiteta. 2009. T. 4, № 4 (14). S. 144–149. ISSN 2073-0462. EDN KXTZIJ.

5. Altukhova T. A., Altukhov S. V., Shukhanov S. N. Modernizatsiya sushilki zernistykh materialov // Traktory i sel'hozmashiny. 2022. T. 89, № 2. S. 149–153. DOI 10.17816/0321-4443-100577. EDN WDKQWT.

6. Pat. 2631586 Rossijskaya Federatsiya S1, MPK F26B 15/04 (2006.01), F26B 20/00 (2006.01). Poluavtomaticheskaya rotornaya sushilka / V. A. Nikolaev, A. S. Klyuchnikov ; patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Yaroslavskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya». № 2016123868 ; zayav. 15.06.2016 ; opubl. 25.09.2017, Byul. № 27. 29 s.

7. Nikolaev V. A. Raschyot zagruzki zerna elementami universal'noj poluavtomaticheskoy rotornoj sushilki // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2022. № 3 (59). S. 88–94. DOI 10.35694/YARCX.2022.59.3.012. EDN FBIMKR.

8. Nikolaev V. A. Vygruzka zerna iz universal'noj poluavtomaticheskoy rotornoj sushilki // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2022. № 4 (60). S. 100–105. DOI 10.35694/YARCX.2022.60.4.012. EDN APSADY.

9. Nikolaev V. A. Vremya vygruzki i zagruzki zerna v universal'nyu poluavtomaticheskuyu rotornuyu sushilku // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2023. № 2 (62). S. 89–93. DOI 10.35694/YARCX.2023.62.2.014. EDN DBGTRC.

10. Nikolaev V. A. Neobhodimyj moment dlya vrashcheniya vneshnego cilindra i vnutrennego cilindra s zernom pri ego sushke v universal'noj poluavtomaticheskoy rotornoj sushilke // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2023. № 3 (63). S. 91–97. DOI 10.35694/YARCX.2023.63.3.012. EDN BOVHSY.

11. Klenin N. I., Kiselev S. N., Levshin A. G. Sel'skohozyajstvennye mashiny. M. : KolosS, 2008. 815 s. ISBN 978-5-9532-0455-2. EDN QKZZBR.

*Сведения об авторе*

**Владимир Анатольевич Николаев** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры строительных и дорожных машин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный технический университет», spin-код: 8865-0397.

*Information about the author*

**Vladimir A. Nikolaev** – Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of the Department of Construction and Road Machines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Technical University", spin-code: 8865-0397.

Научная статья  
УДК 63:639.3.03  
doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.012

## ИНКУБАЦИЯ ИКРЫ ОСЕТРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

**Владимир Викторович Шмигель<sup>1</sup>, Вера Витальевна Жолудева<sup>2</sup>,  
Анна Дмитриевна Кутина<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия

<sup>1</sup>volod49@mail.ru

<sup>2</sup>zholudeva@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-9194-6659

<sup>3</sup>kutina@yarcx.ru

**Реферат.** В данной статье на основе статистических методов проведено сравнение доли выхода личинок при инкубации икры в аппаратах Вейса без наложения электростатического поля и доли выхода личинок с наложением электростатического поля через систему электродов. На основе t-критерия Стьюдента проверена гипотеза о схожести (различии) результатов вылупления личинок осетра в контрольной и экспериментальной группах. Результаты проверки позволили сделать вывод об эффективности наложения электростатического поля через систему электродов, что позволяет существенно снизить потери личинок.

**Ключевые слова:** икра ленского осетра, эксперимент, электростатическое поле, критерий Стьюдента, аппарат Вейса

## INCUBATION OF STURGEON ROE USING AN ELECTROSTATIC FIELD

**Vladimir V. Shmigel<sup>1</sup>, Vera V. Zholudeva<sup>2</sup>, Anna D. Kutina<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia

<sup>1</sup>volod49@mail.ru

<sup>2</sup>zholudeva@yarcx.ru, ORCID 0000-0001-9194-6659

<sup>3</sup>kutina@yarcx.ru

**Abstract.** In this article, based on statistical methods, a comparison was made of the proportion of larval yield during incubation of roe in Weiss apparatus without application an electrostatic field and the proportion of larval yield with application an electrostatic field through a system of electrodes. Based on Student's t-test, the hypothesis of similarity (difference) in the results of hatching of sturgeon larvae in the control and experimental groups was tested. The test results made it possible to conclude that the application of an electrostatic field through the electrode system is effective, which can significantly reduce the loss of larvae.

**Keywords:** Lena sturgeon roe, experiment, electrostatic field, Student's test, Weiss apparatus

**Введение.** Аквакультуре в настоящее время уделяется большое внимание.

В рыбоводстве одной из острых проблем при выводе потомства является плохая выводимость личинок из икры. При заводской инкубации икры осетра очень мал процент вылупляемости личинок (до 60%) [1]. Именно по этой причине исследователей привлекают возможные варианты увеличения данного показателя, например, за счёт применения электростатического поля для стимуляции развития оплодотворённой икры (осетра, стерляди) [2; 3; 4].

Цель данного исследования – сравнение доли выхода личинок при инкубации икры в аппаратах Вейса без наложения электростатического поля и доли выхода личинок с наложением электростатического поля через систему электродов.

Задачи исследования:

- описание экспериментальной методики инкубации ленского осетра;
- проверка гипотезы о схожести (различии) результатов вылупления личинок осетра в контрольной и экспериментальной группах на основе t-критерия Стьюдента.

**Методика.** В ранних исследованиях [2; 3; 4] была использована икра ленского осетра. В первый день она была взвешена на весах марки ОКБ вес ТАРА214. Определён диаметр икры (3,2 мм, в стадии нейруляции) при помощи микроскопа МБС-1. Произведён пересчёт икринок и распределение в равных долях по 4-м колбам аппарата. В одну колбу аппарата Вейса было заложено 100 г оплодотворённой икры, или порядка 9700 шт. на одну колбу. На две колбы аппарата были наложены медные электроды, которые подключены к источнику высокого напряжения постоянного тока. Две оставшиеся колбы были без наложения электростатического поля (контрольные).

В первые два дня появились первые заражённые икринки сапролегнией во всех колбах. Было выбрано из каждой колбы по три штуки на проверку развития хорды внутри икринки.

На третий день появились первые личинки. Температура воды варьировала в пределах 20–21°C, pH воды – 6,2. Количество заражённых сапролегнией икринок составило 6 штук в первой и

5 штук – во второй опытной колбах. В контрольной колбе № 1 количество заражённых икринок составило 17 штук, в колбе № 2 – 13 штук.

На следующий день температура воды утром составила 20,9°C, днём – 20,3°C. Количество заражённых сапролегнией икринок в контрольной группе составило в колбе № 1 – 31 штука, а в колбе № 2 – 28 штук. В опытных группах заражённых икринок не выявлено.

Кислотность воды, измеренная во время инкубации, указана в таблице 1.

Из данной таблицы видно, что уровень pH был примерно на одном уровне. Температура во время инкубации колебалась в пределах 19–21°C.

Количество вылупленных личинок из икры ленского осетра на третий день эксперимента представлено в таблице 2.

Общий выход личинок на третий день эксперимента составил 23 штуки. Как видно из таблицы 2, выход личинок в опытных колбах, на которых шло воздействие электростатического поля, отличается от контрольных в сторону увеличения.

Таблица 1 – Значение pH воды в период эксперимента

День	Уровень pH
1	6,98
2	6,85
3	6,70
4	6,59

В данном эксперименте (табл. 3) представлено два варианта инкубации икры [5]:

1) контрольная группа – инкубация в аппаратах Вейса без наложения электростатического поля;

2) опытная группа – инкубация в аппаратах Вейса с наложением электростатического поля через систему электродов.

Для сравнения доли выхода личинок при инкубации икры в аппаратах Вейса без наложения электростатического поля и доли выхода личинок с наложением электростатического поля через систему электродов был применён t-критерий Стьюдента [6]. Это обусловлено тем, что t-критерий Стьюдента – это общее название для класса методов статистической проверки гипотез, связанных с проверкой равенства средних значений в двух выборках. По результатам такого анализа можно

делать вывод о сходстве или различии анализируемых объектов.

Дадим краткое описание применения t-критерия Стьюдента. Требуется при заданном уровне значимости  $\alpha$  проверить нулевую гипотезу  $H_0: M(X) = M(Y)$  о равенстве математических ожиданий рассматриваемых генеральных совокупностей.

Обычно выборочные средние бывают различны. Возникает вопрос: значимо (существенно) или незначимо различаются выборочные средние. Если окажется, что нулевая гипотеза справедлива, то выборочные средние различаются незначимо. Если нулевая гипотеза будет отвергнута, то различие выборочных средних значимо и не может объясняться случайными причинами, а объясняется тем, что сами математические ожидания различны.

Таблица 2 – Вылупление личинок из икры ленского осетра на третий день эксперимента

Опыт		Контроль	
№ 1 колба	№ 2 колба	№ 1 колба	№ 2 колба
8	6	4	5

## Инкубация икры осетра с использованием электростатического поля

Таблица 3 – Вылупление личинок икры в контрольной и опытной группах на третий день инкубации

Номер опыта	Контрольная группа		Опытная группа	
	Выход, шт.	Доля	Выход, шт.	Доля
1	527	0,4504	842	0,7197
2	541	0,4624	835	0,7137
3	531	0,4538	831	0,7103
4	535	0,4573	840	0,7179
5	546	0,4667	847	0,7239
6	541	0,4624	850	0,7265
7	543	0,4641	853	0,7291
8	538	0,4598	839	0,7171
9	532	0,4547	846	0,7231
10	529	0,4521	849	0,7256
11	540	0,4615	853	0,7291

В качестве критерия проверки нулевой гипотезы берут случайную величину

$$T = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{nS_x^2 + mS_y^2}} \cdot \sqrt{\frac{nm(n+m-2)}{n+m}} \quad (1)$$

Тогда:

1. Если  $|T| < t_{n+m-2;\alpha}$ , где  $t_{n+m-2;\alpha}$  определяется по таблице Стьюдента, то принимаем гипотезу о том, что  $M(X) = M(Y)$  по сравнению с альтернативной гипотезой  $M(X) \neq M(Y)$ . И отвергаем эту гипотезу, если неравенство не выполнено.

2. Если оказалось,  $x < y$ , можно проверять гипотезу о том, что  $M(X) = M(Y)$ , когда альтернативной гипотезой является  $M(X) < M(Y)$ . Если выполняется неравенство  $T < -t_{n+m-2;\alpha}$ , то основная гипотеза ( $M(X) = M(Y)$ ) неверна, и принимается гипотеза, что  $M(X) < M(Y)$ .

3. Можно проверять гипотезу о том, что  $M(X) = M(Y)$ , когда альтернативной является гипотеза  $M(X) > M(Y)$ . Если выполняется неравенство  $T > t_{n+m-2;\alpha}$ , то принимается гипотеза  $M(X) > M(Y)$ .

**Результаты.** Для проверки гипотезы о схожести (различии) результатов вылупления личинок осетра в контрольной и экспериментальной группах были выбраны две выборки. В первой выборке (контрольной) было измерено количество выхода личинок в результате 11 проведённых опытов при инкубации в аппаратах Вейса без наложения электростатического поля. Во второй выборке (опыт-

ной) зафиксированы результаты инкубации икры в аппаратах Вейса с наложением электростатического поля через систему электродов (проведено 11 замеров). Количество закладываемой икры в обеих группах во всех опытах составляло 1170 штук.

Расчётное значение критерия Стьюдента рассчитывалось на основе формулы (1). Критическое значение t-критерия Стьюдента определялось для уровня значимости 0,05 при числе степеней свободы 20 по таблице Стьюдента. Это значение равно  $t_{n+m-2;\alpha} = t_{20;0,05} = 1,73$ . Все расчёты сведены в таблице 4.

$$T = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{nS_x^2 + mS_y^2}} \cdot \sqrt{\frac{nm(n+m-2)}{n+m}} = \frac{0,458655 - 0,721455}{\sqrt{11 \cdot 0,0000256 + 11 \cdot 0,0000347}} \times \sqrt{\frac{11 \cdot 11(11+11-2)}{11+11}} = \frac{-0,2628}{0,0257546} \cdot 10,488 = -107,02$$

На основе полученных данных была проведена статистическая проверка t-критерия Стьюдента, результаты проверки представлены в таблице 5.

Анализ таблицы 5 позволяет сделать вывод об эффективности наложения электростатического поля через систему электродов в аппаратах

Таблица 4 – Расчётные значения критерия Стьюдента

Группа	Количество опытов	Выборочное среднее	Выборочная дисперсия
Контрольная группа	$n = 11$	$\bar{x} = 0,458655$	$S_x^2 = 0,0000256$
Опытная группа	$m = 11$	$\bar{y} = 0,721455$	$S_y^2 = 0,0000347$

Таблица 5 – Статистическая проверка t-критерия Стьюдента

Формулировка гипотез	Расчётное значение критерия	Критическое значение	Вывод
Нулевая гипотеза $H_0$ : доля выхода личинок при инкубации икры в аппаратах Вейса без наложения электростатического поля и доля выхода личинок с наложением электростатического поля через систему электродов статистически незначимы (не имеют различий)	$T = -107,02$	$t_{кр} = t_{20;0,05} = 1,73$	$-107,02 < -1,73$ $T < -t_{кр}$ Гипотеза $H_0$ отвергается в пользу гипотезы $H_1$ : доля выхода личинок при инкубации икры в аппаратах Вейса без наложения электростатического поля в контрольной выборке ниже аналогичных показателей в выборке с наложением электростатического поля через систему электродов

Вейса, что позволяет существенно снизить потери личинок.

**Вывод.** Таким образом, проведённое исследование, результаты которого представлены авторами в данной статье, подтвердило гипотезу о том, что вылупление личинок осетра в контрольной и экспериментальной группах имеют различия. А именно, доля выхода личинок при инкубации икры в аппара-

тах Вейса без наложения электростатического поля в контрольной выборке ниже аналогичных показателей в выборке с наложением электростатического поля через систему электродов. Следовательно, применение электростатического аппарата Вейса на рыбоводных предприятиях позволит увеличить выход готовой продукции и, как следствие, повысить эффективность их деятельности.

#### Список источников

1. Мандра А. В., Пиротти Е. Л. Расчет электромагнитного импульсного поля в инкубационной емкости с икрой осетровых // The scientific heritage. 2020. № 46-1 (46). С. 20–24. EDN GPUPEJ.
2. Скворцова Е. Г., Шмигель В. В., Кутина А. Д. Использование электрополей для оптимизации процесса инкубации икры и получения жизнестойких личинок в рыбоводных хозяйствах // Повышение уровня и качества биогенного потенциала в животноводстве : сб. III Международ. науч.-практ. конф., Ярославль, 25–26 октября 2017 года. Ярославль : ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2017. С. 174–178. EDN RQMUZR.
3. Шмигель В. В., Угловский А. С., Кутина А. Д. Воздействие электростатического поля на оплодотворенную икринку осетра // Международный технико-экономический журнал. 2021. № 6. С. 48–56. DOI 10.34286/1995-4646-2021-81-6-48-56. EDN HJZCUI.
4. Пат. 2700753 С1 Российская Федерация, МПК А01К 61/00. Способ интенсивной технологии инкубации икры / В. В. Шмигель ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия». № 2018142764 ; заявл. 03.12.2018 ; опубл. 19.09.2019, Бюл. № 26. 4 с. EDN NRMJFI.
5. Шмигель В. В., Жолудева В. В., Кутина А. Д. Математическое планирование и обработка эксперимента с икрой ленского осетра в аппарате Вейса при наложении на колбу с электродами электростатического поля // Вестник АПК Верхневолжья. 2024. № 1 (65). – С. 119–127. DOI 10.35694/YARCX.2024.65.1.017. EDN TOXNIY.
6. Т-тест Стьюдента в анализе данных: комплексное исследование. URL: <https://ru.statisticseasily.com/студенты-т-тест/> (дата обращения: 28.05.2024).

#### References

1. Mandra A. V., Pirotti E. L. Raschet jelektrornagnitnogo impul'snogo polja v inkubacionnoj emkosti s ikroy osetrovyh // The scientific heritage. 2020. № 46-1 (46). S. 20–24. EDN GPUPEJ.
2. Skvortsova E. G., Shmigel' V. V., Kutina A. D. Ispol'zovanie jelektropolej dlja optimizacii processa inkubacii ikry i poluchenija zhiznjestojkih lichinok v rybovodnyh hozjajstvah // Povyshenie urovnja i kachestva biogen-nogo potenciala v zhivotnovodstve : sb. III Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf., Jaroslavl', 25–26 oktjabrja 2017 goda. Jaroslavl' : FGBOU VO Jaroslavskaja GSHA, 2017. S. 174–178. EDN RQMUZR.
3. Shmigel' V. V., Uglovskij A. S., Kutina A. D. Vozdejstvie jelektrostaticheskogo polja na oplodotvorennuju ikrinku osetra // Mezhdunarodnyj tehniko-jekonomicheskij zhurnal. 2021. № 6. S. 48–56. DOI 10.34286/1995-4646-2021-81-6-48-56. EDN HJZCUI.
4. Pat. 2700753 C1 Rossijskaja Federacija, MPK A01K 61/00. Sposob intensivnoj tehnologii inkubacii ikry / V. V. Shmigel' ; zajavitel' Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego

obrazovaniya «Jaroslavskaja gosudarstvennaja sel'skhozjajstvennaja akademija». № 2018142764 ; zajavl. 03.12.2018 ; opubl. 19.09.2019, Bjul. № 26. 4 s. EDN NRMJFI.

5. Shmigel' V. V., Zholudeva V. V., Kutina A. D. Matematicheskoe planirovanie i obrabotka jeksperimenta s ikroj lenskogo osetra v apparate Vejsa pri nalozhenii na kolbu s jelektrodami jelektrostaticeskogo polja // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. 2024. № 1 (65). – S. 119–127. DOI 10.35694/YARCX.2024.65.1.017. EDN TOXNIY.

6. T-test St'judenta v analize dannyh: kompleksnoe issledovanie. URL: <https://ru.statisticseasily.com/studenty-t-test/> (data obrashhenija: 28.05.2024).

*Сведения об авторах*

**Владимир Викторович Шмигель** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры электрификации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 5673-4145.

**Вера Витальевна Жолудева** – кандидат педагогических наук, доцент, профессор кафедры электрификации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 2190-8887.

**Анна Дмитриевна Кутина** – аспирант кафедры электрификации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», kutina@yarcx.ru.

*Information about the authors*

**Vladimir V. Shmigel** – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Electrification, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 5673-4145.

**Vera V. Zholudeva** – Candidate of Pedagogical Sciences, Docent, Professor of the Department of Electrification, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 2190-8887.

**Anna D. Kutina** – postgraduate student of the Department of Electrification, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", kutina@yarcx.ru.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Научная статья  
УДК 631.3  
doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.013

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

**Артем Сергеевич Угловский**

Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия  
a.uglovskii@yarcx.ru, ORCID 0000-0002-5678-4786

**Реферат.** В данном исследовании представлен инновационный подход к созданию и внедрению каскадных систем управления, включающих в себя как пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД), так и пропорционально-интегральный (ПИ) регуляторы, предназначенных для синхронизированного контроля скорости вращения и токового режима якоря в двигателях постоянного тока. Для нахождения оптимальных параметров регуляторов применяется метод Циглера-Николса, обеспечивающий стабильность системы управления. Каскадная архитектура управления, основанная на разделении контуров регулирования, демонстрирует высокую эффективность благодаря устранению конфликтов между задачами управления скоростью и током. Этот подход значительно улучшает производительность и надёжность работы двигателя. Для оценки предлагаемой системы управления используется программное обеспечение, работающее в режиме реального времени и обеспечивающее связь между персональным компьютером и Arduino Mega через последовательный интерфейс. Модель двигателя постоянного тока разрабатывается в среде Simulink, а каскадный ПИД-ПИ регулятор реализуется на Arduino Mega. Интеграция модели двигателя с Arduino Mega осуществляется посредством последовательной связи, обеспечивая тем самым эффективное взаимодействие между программным и аппаратным обеспечением.

*Ключевые слова:* мобильный робот, электродвигатель, драйвер электродвигателя, ШИМ-сигнал, транзисторный H-мост

## MOBILE ROBOT MOTION CONTROL SYSTEM

**Artem S. Uglovskiy**

Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia  
a.uglovskii@yarcx.ru, ORCID 0000-0002-5678-4786

**Abstract.** This study presents an innovative approach to the creation and implementation of cascade control systems, including both proportional-integral-differential (PID) and proportional-integral (PI) controllers, designed for synchronized control of the rotation speed and current mode of the armature in direct current motors. To find the optimal parameters of controllers, the Ziegler-Nichols method is used, which ensures the stability of the control system. The cascade control architecture based on control loop separation demonstrates high efficiency by eliminating conflicts between speed and current control tasks. This approach significantly improves engine performance and reliability. To evaluate the proposed control system, real-time software is used to provide communication between the personal computer and the Arduino Mega via a serial interface. The direct current motor model is developed in the Simulink environment, and the cascade PID-PI controller is implemented on the Arduino Mega. The integration of the motor model with the Arduino Mega is done through serial communication, thereby ensuring efficient interaction between software and hardware.

*Keywords:* mobile robot, electric motor, electric motor driver, PWM signal, transistor H-bridge

**Введение.** В области мобильной робототехники ключевые задачи, такие как создание карт, локализация и навигация мобильных роботов, обычно решаются с помощью микрокомпьютеров. Эти компьютеры обладают высокой способностью обработки значительных объёмов данных, однако не предназначены для управления периферийны-

ми компонентами системы. Для решения этой проблемы используется управляющая плата (локальный контроллер), который отвечает за обработку данных от датчиков и управление компонентами привода. Локальные контроллеры выполняют основные процедуры с высокой частотой дискретизации и обработки сигналов, что в конечном итоге

улучшает взаимодействие робота с окружающей средой, включая считывание характеристик через встроенные датчики и управление исполнительными механизмами на основе этих данных.

В качестве конечного этапа работы, после расчёта необходимой скорости на микрокомпьютере, полученные данные передаются на отдельный микроконтроллер. На этом этапе, с использованием обратных уравнений кинематики мобильного робота, рассчитываются опорные значения контролируемых величин. Локальный контроллер отвечает не только за управление электродвигателями, но и за оценку скорости вращения колёс с помощью датчиков, а также за расчёт поступательной и вращательной скорости робота с использованием уравнений прямой кинематики. Используя определённый протокол связи, текущие значения скорости передаются на микрокомпьютер, который использует их для мониторинга одометрии мобильного робота и расчёта новых эталонных значений скорости.

Целью данной статьи является представление и реализация каскадных систем управления, использующих комбинацию пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) и пропорционально-интегрального (ПИ) регуляторов для управления скоростью вращения в двигателях постоянного тока.

Статья продолжает цикл статей, посвящённых разработке робота для сельскохозяйственных работ.

Мобильные роботы в сельскохозяйственном производстве актуальны благодаря своей способ-

ности эффективно выполнять задачи, связанные с обработкой почвы, уборкой урожая и мониторингом растений, что повышает производительность труда и снижает затраты времени и сил. Их использование позволяет оптимизировать логистические процессы производства, уменьшить ущерб от вредителей и болезней, а также адаптироваться к изменяющимся климатическим условиям, что особенно важно в современном мире с его высокими требованиями к продовольственной безопасности и экологической устойчивости.

Задачи исследования:

1. Описание метода настройки предела устойчивости Циглера-Николса для определения начальных коэффициентов усиления регулятора.
2. Исследование стратегии каскадного управления и её преимуществ в повышении производительности и надёжности работы двигателя.
3. Оценка эффективности предлагаемого регулятора с использованием программного обеспечения в реальном времени и последовательной связи между ПК и Arduino Mega.
4. Моделирование двигателя постоянного тока в Simulink и реализация каскадного ПИД-ПИ регулятора на Arduino Mega.
5. Обеспечение интеграции модели двигателя с Arduino Mega через последовательную связь для эффективного взаимодействия между программным и аппаратным обеспечением.

Общая структурная схема системы робототехнического комплекса показана на рисунке 1. В нём выделены основные компоненты, которые задействованы в проекте. Из рисунка видно, что

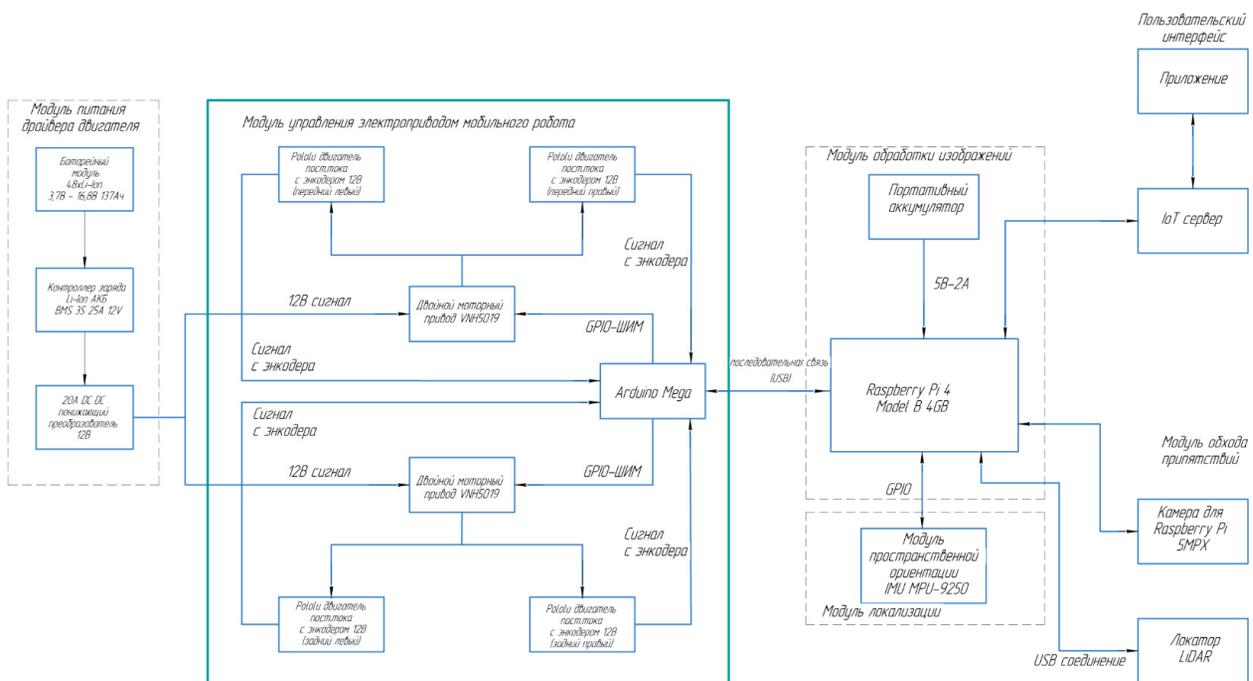


Рисунок 1 – Состав мобильного робототехнического комплекса

имеются три основные модульные подсистемы, а именно: модуль передвижения, модуль обработки изображений и модуль предотвращения препятствий. В данной работе реализована модульность, поскольку эти подсистемы изменяемы внутри себя, учитывая, что другие подсистемы обмениваются данными с теми же входами и выходами.

На основании предложенной структуры (рис. 1) автором представлен макет мобильного

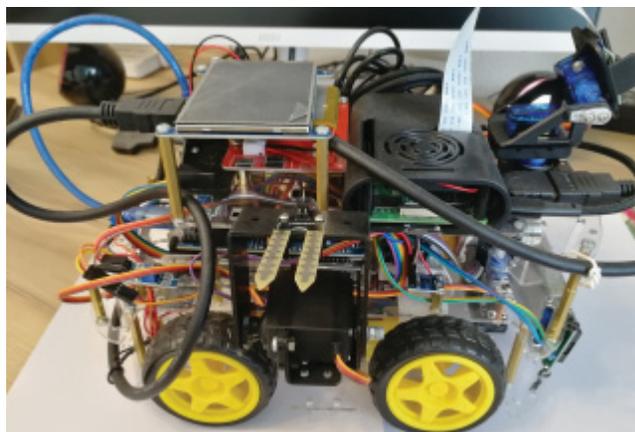


Рисунок 2 – Макет мобильного робота

микроконтроллер, который регулирует напряжение источника питания в зависимости от требуемой скорости.

Поскольку двигатели требуют значительной мощности, которой не хватает у микроконтроллера, для управления ими используются транзисторные преобразователи частоты или отдельные устройства – драйверы. Эти драйверы получают инструкции от микроконтроллера и регулируют напряжение, подаваемое на двигатель [2; 3].

При выборе компонентов для робота необходимо учитывать их совместимость, а также мощность, потребляемую двигателями, чтобы она соответствовала ограничениям драйвера и источника питания. Выбранные детали описаны ниже.

Однако стоит помнить, что робот с новыми компонентами не сможет перевозить большие грузы, так как его общая масса уменьшится за счёт меньших по размеру двигателей. Для проверки работоспособности робота предлагается примерный расчёт ускорения в зависимости от крутящего момента двигателей.

$$a_t = \frac{T_1 - T_2}{m_{uk} \frac{D_k}{2}}, \quad (1)$$

где  $T_1$  и  $T_2$  – крутящие моменты двигателя;  $D_k$  – диаметр ведущих колёс;  $m_{uk}$  – общая масса робота.

Если принять максимальные рабочие моменты и общую массу робота 8 кг, поступательное ускорение получается:

робота (рис. 2). Цель данной разработки заключается в получении и анализе изображений роботом о росте сельскохозяйственных растений и распознавании их заболеваний [1].

В мобильном роботе используются четыре электродвигателя, которые управляются независимо друг от друга. Скорость этих двигателей напрямую зависит от напряжения питания. Для управления скоростью двигателей используется

$$a_t = \frac{0,39 + 0,39}{8 \cdot \frac{0,165}{2}} = 1,18 \frac{м}{с^2}.$$

Скорость, которую может достичь робот, зависит от максимальной скорости вращения двигателя. Предполагается, что из-за относительно большой массы скорость будет ограничена:

$$v_t = \frac{2\omega\pi D_k}{2}, \quad (2)$$

$$v_t = \frac{160}{60} \cdot \frac{2\pi \cdot 0,165}{2} = 1,38 \frac{м}{с} = 4,98 \frac{км}{ч}.$$

Согласно приведённым расчётам, робот сможет передвигаться со скоростью ходьбы человека, что удобно, если он будет работать в среде с людьми. Также из-за своей сложности алгоритмы навигации, локализации и картографирования обычно не дают хороших результатов при высоких скоростях движения. Время разгона до максимальной скорости получается равным 1,17 секунды, что в ряде случаев будет не оптимальным, но для нужд такого рода робота будет удовлетворительным. Более того, из-за значительной массы, т.е. инерционности робота, большой крутящий момент может привести к проскальзыванию колёс по поверхности, что не подходит с точки зрения одометрии мобильного робота.

$$t = \frac{v_t}{a_t} = \frac{1,56}{1,18} = 1,17 с.$$

**Материалы и методы исследований.**

*Блоки управления электродвигателями*

Драйвер двигателя играет главную роль при подаче энергии на двигатель на основе управляющего сигнала. Управление электродвигателями осуществляется посредством широтно-импульсной модуляции или ШИМ-сигналов. Драйвер представляет собой транзисторный H-мост, подающий на контакты двигателя необходимое напряжение от источника постоянного напряжения в зависимости от комбинации переключающихся транзисторов. Эта схема работает в зависимости от тактового генератора, определяющего частоту переключения, а выходное напряжение зависит от коэффициента заполнения заданного ШИМ-сигнала.

Драйвер может использоваться для управления коллекторными двигателями постоянного тока с напряжением питания 10–47 В. В работе применяется двухканальный драйвер, это означает, что он содержит два независимых H-моста (рис. 3). Режим работы, как и направление напряжения, определяется двумя отдельными сигналами на контактах преобразователя.

Помимо микроконтроллера, мобильный робот также оснащён однопалатным компьютером, который позволяет выполнять сложные алгоритмы навигации, картографирования и локализации. Для такого компьютера, помимо высокой производительности процессора, желательно, чтобы он имел возможность беспроводного подключения к сети и

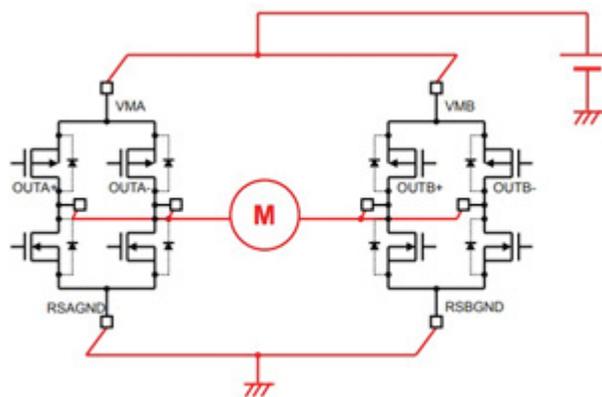


Рисунок 3 – Драйвер Pololu TB67H420FTG со схемой одноканального режима работы

Bluetooth коммуникации. Также немаловажно, что его можно питать от аккумуляторного источника. В связи с этим был выбран компьютер Raspberry PI 4B, который соединён с подчинённым компьютером последовательным каналом связи.

Поскольку это двигатели постоянного тока малой мощности, в качестве регулируемой переменной будет использоваться напряжение питания двигателя или напряжение якоря двигателя. Запишем основные уравнения, характеризующие процессы в двигателе. Второй закон Кирхгофа для цепи якоря имеет вид:

$$u_a(t) = R_a i_a(t) + \frac{L_a di_a(t)}{dt} + e(t). \quad (3)$$

Связь между переменными в цепи якоря выражает следующее:

$$e(t) = K_e \omega(t), \quad (4)$$

где  $K_e$  – конструктивная постоянная двигателя;  $\omega$  – угловая скорость;  $L_a$  – индуктивность якорной цепи;  $R_a$  – сопротивление якорной цепи;  $i_a$  – ток якорной цепи;  $e$  – противо-ЭДС двигателя;  $u_a$  – напряжение питания якорной цепи.

Запись дифференциальных уравнений представим с применением преобразования Лапласа. Из преобразованных таким образом уравнений (3)

и (4) получается передаточная функция тока по отношению к напряжению якоря, выражение (5).

$$G_i(s) = \frac{i_a(s)}{u_a(s) - e(s)} = \frac{1}{L_a s + R_a} = \frac{\frac{1}{R_a}}{\frac{L_a}{R_a} s + 1} = \frac{K_a}{T_a s + 1}. \quad (5)$$

Передаточная функция скорости вращения в зависимости от напряжения якоря имеет вид [2]:

$$G_w(s) = \frac{\omega(s)}{u_a(s)} = \frac{K_a K_m K_e}{J T_a s^2 + J s + K_a K_e}. \quad (6)$$

Полученная система имеет второй порядок и также может быть представлена структурной схемой согласно рисунку 4.

В случае, когда напряжение подаётся на клеммы двигателя постоянного тока без дополнительных средств регулирования скорости, мы сталкиваемся с методом управления, известным как «разомкнутый контур». Однако, когда в систему интегрируется контур обратной связи, где параметры двигателя, такие как скорость, отслеживаются и передаются обратно в систему управления, име-

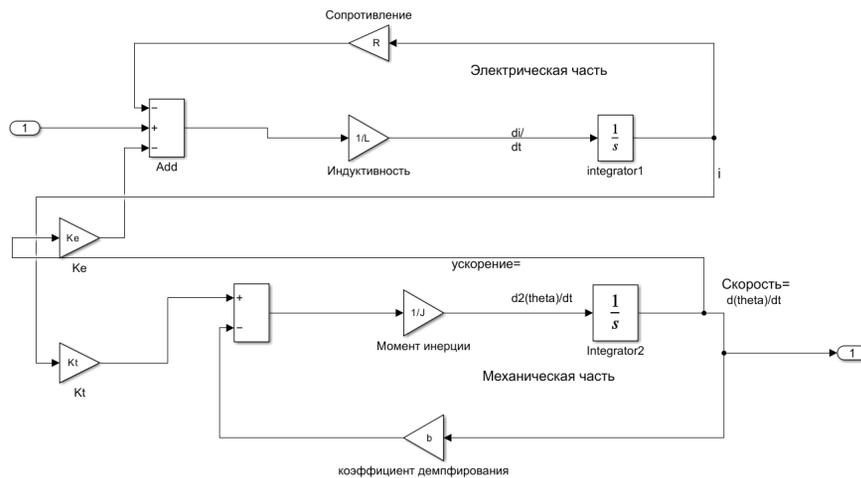


Рисунок 4 – Динамическая модель двигателя постоянного тока

ем дело с более сложным и эффективным подходом – управлением «замкнутым контуром». Этот метод позволяет более точно и динамично реагировать на изменения в работе двигателя, обеспечивая оптимальное управление его рабочими характеристиками.

Описанную таким образом систему, при знании характерных параметров, можно смоделировать с помощью одного из соответствующих инструментов, при этом в данной работе используется MATLAB в среде Simulink. Двигатель постоянного тока моделируется в среде Simulink, а каскадный ПИД-ПИ-регулятор реализован на Arduino Mega. Моделирование проводится с целью выбора стратегии управления и регулирования двигателя, настройки регулятора и прогнозирования других

возможных явлений в реальной системе [4].

При заданных параметрах численное решение представленных уравнений даёт ответ на скачок возбуждения 12 В, согласно которому система выйдет на заданную скорость за 0,14 с, а ток якоря достигнет пикового значения – 3,86 А. Значение тока на холостом ходу, согласно рисунку 4, падает до 0,2 А, и соответственно при моделировании задаётся эквивалентный момент трения (рис. 5). Дополнительно учитывалась динамика транзисторного преобразователя, а также переходная функция тока якоря.

### Результаты.

#### Управление и ограничения

Реальная система, в отличие от моделирования, ещё не столь точна и легко предсказуема, и

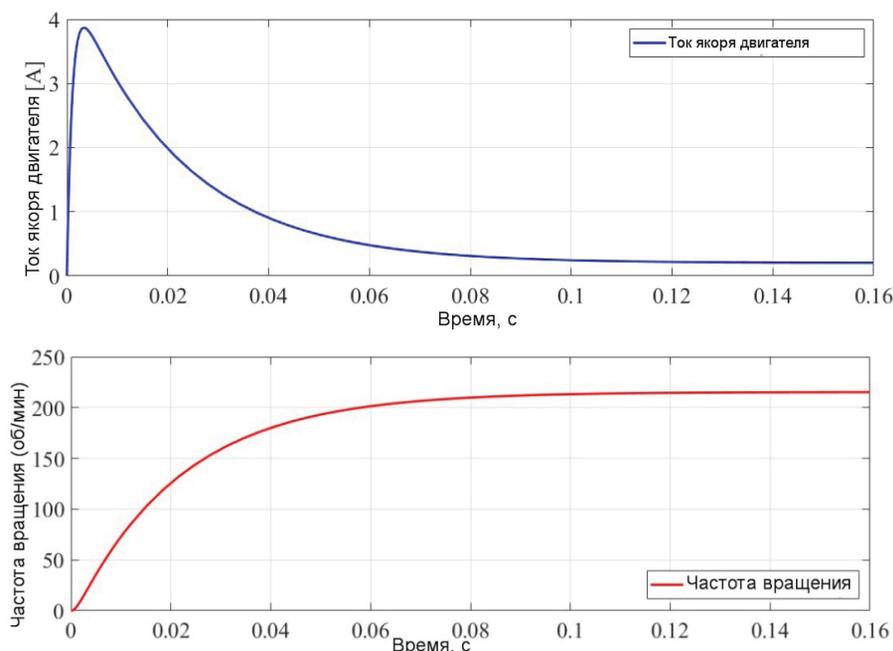


Рисунок 5 – Характеристики пускового тока двигателя и скорости вращения

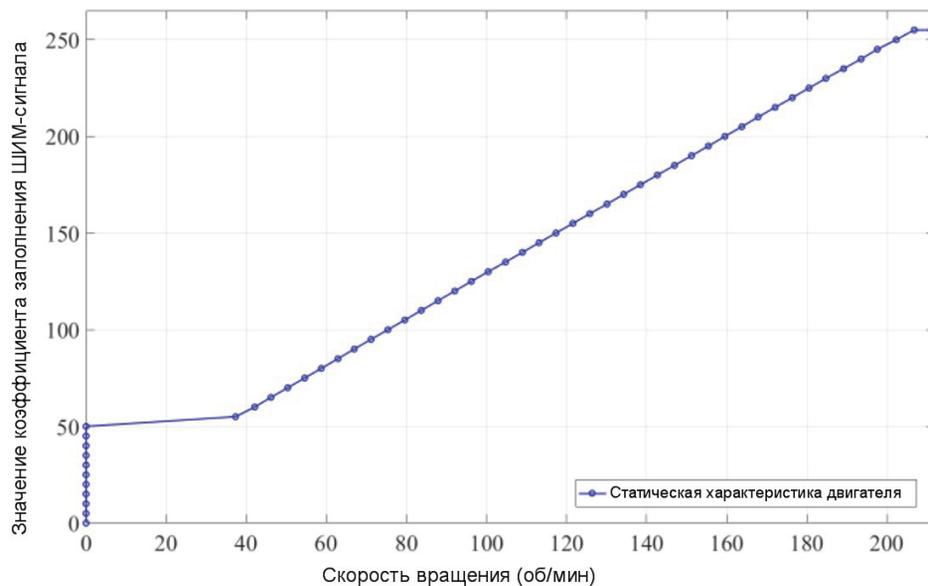


Рисунок 6 – Статические характеристики электродвигателя Pololu 4845

при её тестировании обязательно проявятся многие недостатки и отклонения. Поскольку классический синтез регулирующего действия предполагает, что регулируемая система является линейной, необходимо рассматривать статическую характеристику и ограничивать работу регулятора только подходящей областью. Одной из нелинейностей является так называемая «мёртвая» зона, являющаяся следствием статического трения в щётках редуктора или коллектора. В результате потерь на трение двигатель останавливается в определённом интервале напряжений, при котором не может быть достигнут достаточный пусковой момент.

Статическая характеристика двигателя, полученная путём измерения скорости по отношению к заданному сигналу ШИМ, показана на рисунке 6. Здесь видна нелинейность «мёртвой» зоны, где двигатель начинает вращаться только после значения ШИМ, равного 50, которое, преобразованное в напряжение, составляет 2,35 В.

Следующая проблема управления касается частоты ШИМ-сигнала. Управление питанием ШИМ основано на принципе, согласно которому преобразователь включает и выключает транзисторы в зависимости от заданного коэффициента заполнения (скважности). Это работает при условии, что реакция тока якоря, как минимум, в десять раз медленнее постоянной времени инвертора. Частота ШИМ-сигнала выбранного микроконтроллера по умолчанию составляет 4480 Гц. Отклик с постоянной времени якоря  $T_a = 1$  мс, с указанной частотой показан на рисунке 7. При увеличении частоты переключения, как показано на рисунке 7, колебания тока уменьшаются, что, помимо более тихой работы двигателя, также сни-

жает его нагрев. Кроме того, при выборе частоты выше 20 кГц происходит превышение уровня слышимости, что также устраняет слуховые шумы. С другой стороны, слишком высокая частота влияет на нагрев частотного переключателя и искажение прямоугольного сигнала. Рекомендуемое производителем верхнее значение составляет 70 кГц, и соответственно частота переключения устанавливается равной 40 кГц. Моделирование было выполнено с использованием показанной ранее модели электродвигателя с добавленным блоком, моделирующим транзисторный преобразователь с ШИМ-сигналом при 50% скважности.

#### *Регулирование скорости вращения*

Управление скоростью вращения электродвигателя осуществляется с использованием методов косвенной компенсации возмущений. Это означает, что воздействие на систему компенсируется заранее установленными параметрами, независимо от источника возмущения. Для достижения регулирования создаётся замкнутый контур, в котором измерительное устройство сравнивает прогнозируемые и реальные значения. В зависимости от полученных отклонений, система корректирует управляемый параметр для устранения ошибок.

Зная процесс и поведение системы, можно приступить к разработке алгоритма управления. В случае регулирования скорости вращения электродвигателя, как правило, используются две конфигурации регулятора: одноконтурный регулятор и каскадный регулятор. При каскадном регулировании система электродвигателя разделяется на отдельные блоки, где каждый регулятор влияет на свой управляемый параметр. Имитационная модель каскадного регулятора представлена на

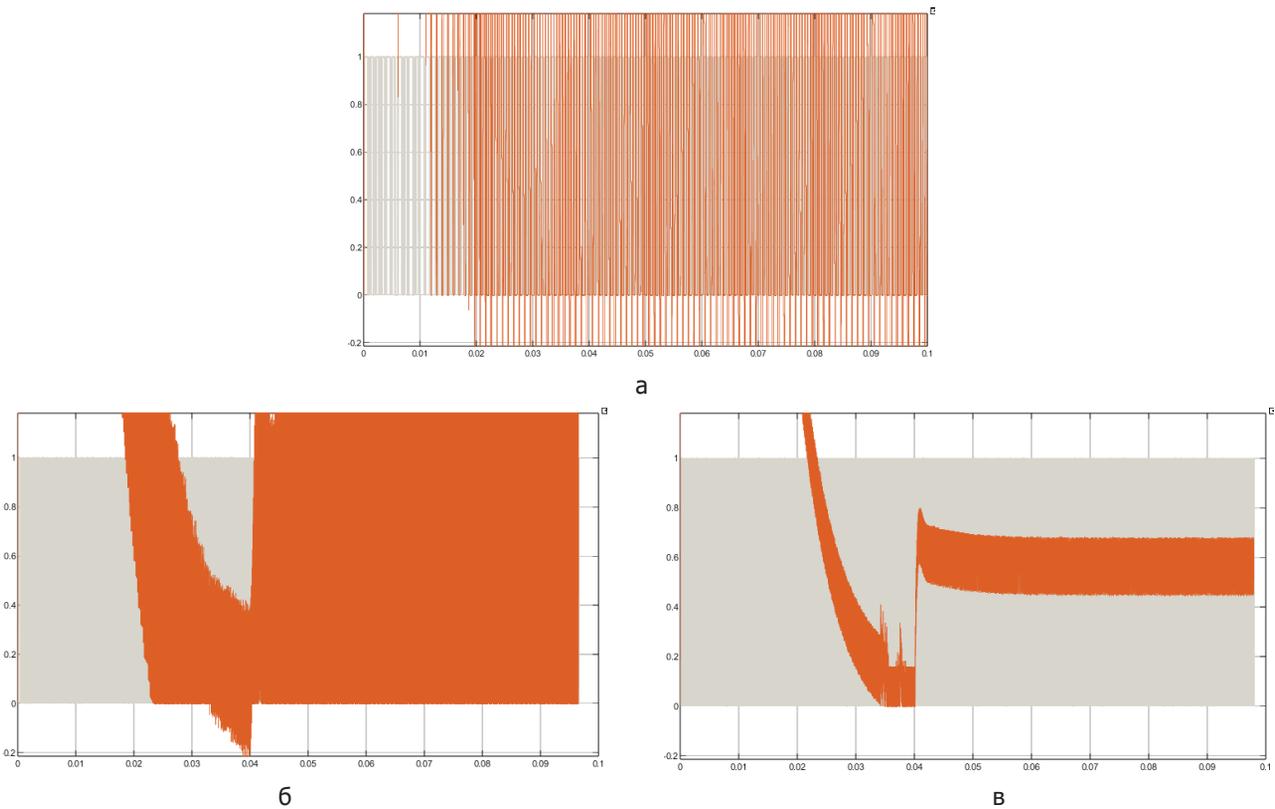


Рисунок 7 – Реакция модели электродвигателя в зависимости от частоты переключения

рисунке 8. В данном случае имеется подчинённая цепь (рис. 9 а), передающая величину тока в якоре на основную цепь, регулирующую скорость вращения (рис. 9 б).

Чтобы определить необходимое время выборки для каскадных ПИД-ПИ-регуляторов, необходимо измерить время реакции на переход, и это значение будет временем выборки регуляторов

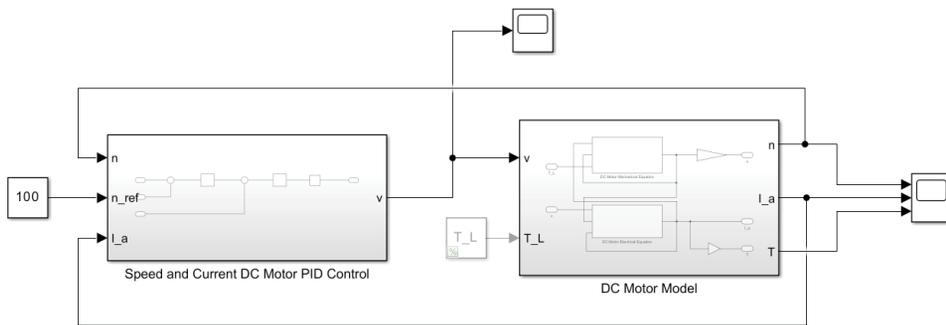


Рисунок 8 – Имитационная модель каскадного регулятора

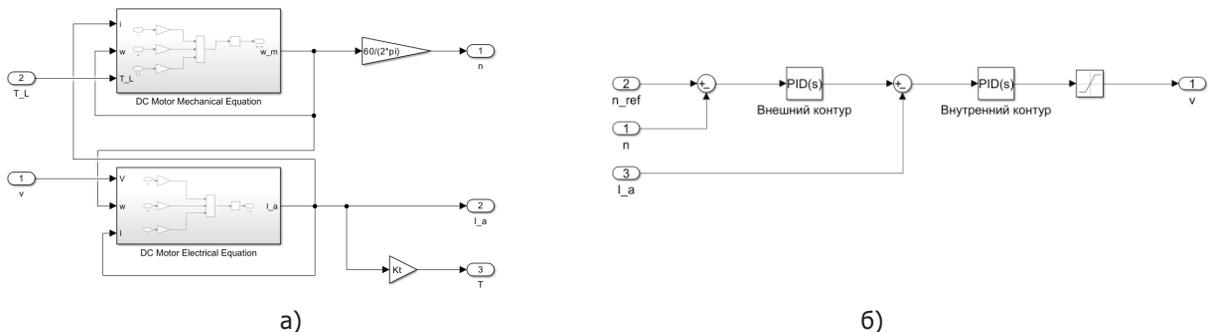


Рисунок 9 – Подсистемы двигателя постоянного тока (а) и контура ПИД-регулирования (б)

[5; 6]. На рисунке 10 видно, что измеренное время отклика составляет около 1 секунды, когда к модели двигателя постоянного тока подаётся шаговый сигнал (12 В). Следовательно, можно установить

время выборки на то же значение, что и время отклика на переход.

Поскольку регулируемые системы имеют меньшие размеры, преимущество каскадного ре-

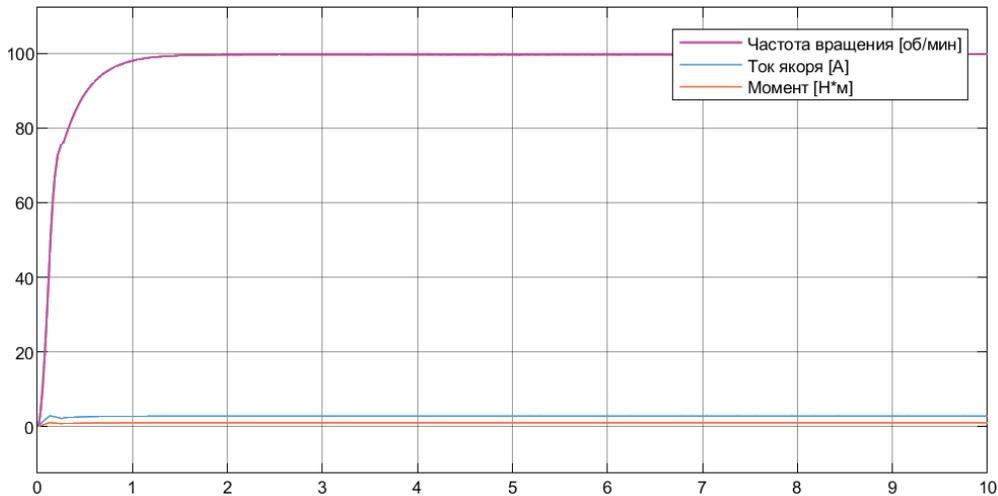


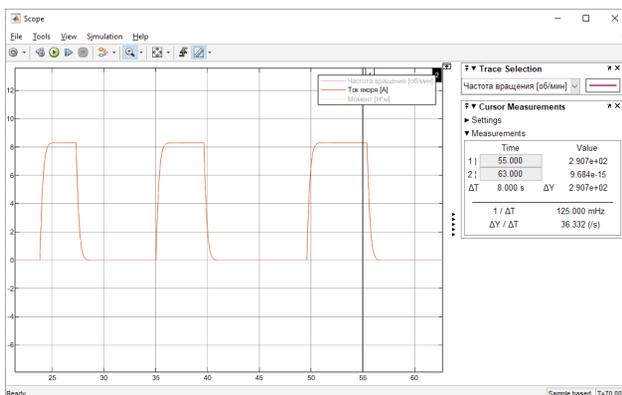
Рисунок 10 – Переходная характеристика модели двигателя постоянного тока

гулятора заключается в более простой и лучшей настройке параметров, связанные с ними возмущения устраняются локально в подсистеме, и возможно немедленное ограничение регулируемых переменных [7–11].

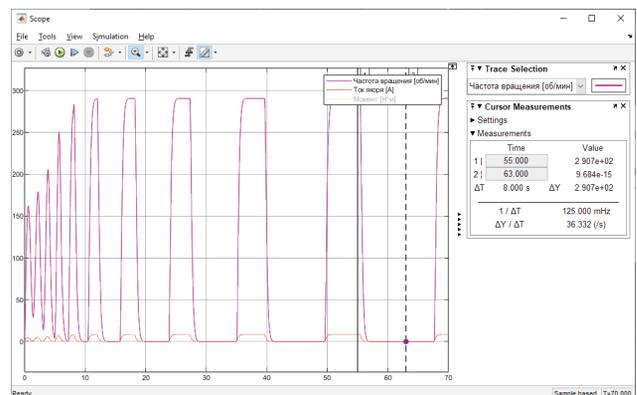
Одним из хорошо известных методов настройки ПИД является метод предела устойчивости Циглера-Николса. Этот метод является популярным и широко используемым подходом для настройки ПИД-регуляторов. Он обеспечивает систематическую процедуру определения констант  $K_p$ ,  $T_i$  и  $T_d$  на основе характеристик устойчивости системы. Метод Циглера-Николса предусматривает различные правила настройки в зависимости от реакции управления: П-регулятор:  $K_p = 0,5 \cdot K_o$ ; PI-регулятор:  $K_p = 0,4 \cdot K_o$ ,  $T_i = 0,8 \cdot K_o$ ; ПИД-регулятор:  $K_p = 0,6 \cdot K_o$ ,  $T_i = 0,5 \cdot T_o$ ,  $T_d = 0,12 \cdot K_o$ .

Процедура настройки каскадных ПИД-ПИ-регуляторов начинается с первоначальной настройки внутреннего контура, который управляет током якоря. Такой последовательный подход гарантирует, что внутренний контур обеспечивает стабильный отклик, сводя к минимуму помехи для внешнего контура. Далее настраивается внешний контур, отвечающий за регулирование скорости двигателя. Оба ПИД-регулятора настраиваются с использованием метода предела устойчивости Циглера-Николса.

На рисунке 11 представлен полученный колебательный отклик при  $K_o = 2,23$  и  $T_o = 7,691$  для внутренней петли и  $K_o = 50,5 \cdot 10^{-3}$  и  $T_o = 27,982$  – для внешней. Имея эти значения, можем рассчитать  $K_p$ ,  $T_i$  и  $T_d$  на основе правила Циглера-Николса (рис. 12).

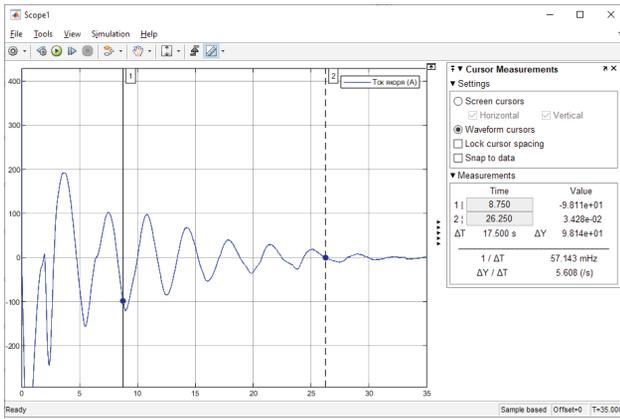


а)

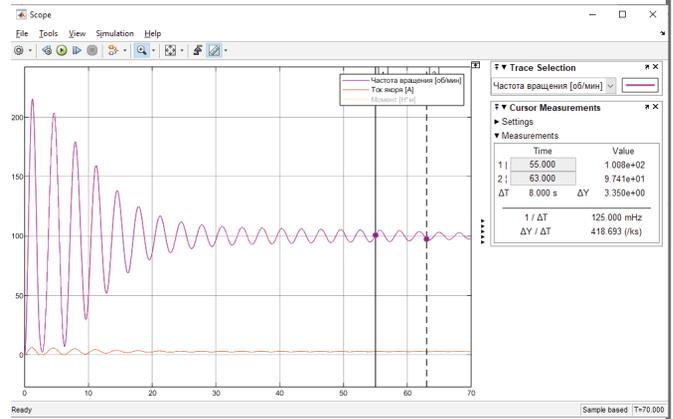


б)

Рисунок 11 – Отклики колебаний для внутреннего контура (а) и внешнего контура (б)



а)



б)

Рисунок 12 – Реакция внутреннего контура (а) и внешнего контура (б) со значениями  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ , соответствующими правилу Циглера-Николса

Правило Циглера-Николса даёт значения  $K_p$ ,  $T_i$  и  $T_d$ , которые приводят к нестабильному отклику со значительными колебаниями. Эти значения не соответствуют критериям стабильного регулятора двигателя постоянного тока. Следовательно, необходимо скорректировать эти значения, соответствующие правилу Циглера-Николса. Скорректированные значения  $K_p$ ,  $T_i$  и  $T_d$  для обоих контуров представлены в таблице 1.

На рисунке 13 показано, что каскадные ПИД-ПИ-регуляторы обеспечивают надёжный и стабиль-

ный отклик. Регуляторы способны обрабатывать возникающие небольшие пульсации. Кроме того, регуляторы могут отслеживать изменение задания, хотя и со значительным перерегулированием.

**Выводы.** В результате выполнения данной работы можно отметить следующие ключевые моменты:

1. Процесс настройки каскадных ПИД-ПИ-регуляторов должен начинаться с внутреннего контура, который имеет более быстрое время отклика, чтобы обеспечить стабильность отклика внутрен-

Таблица 1 – Скорректированные значения  $K_p$ ,  $T_i$  и  $T_d$  для внутреннего и внешнего контуров

Внутренняя петля (регулятор контура управления током)		Внешняя петля (регулятор контура управления скоростью)	
Константы	Значения	Константы	Значения
$K_p$	0,7491	$K_p$	0,1957
$T_i$	4,3450	$T_i$	0,3746
$T_d$	0	$T_d$	0,0255

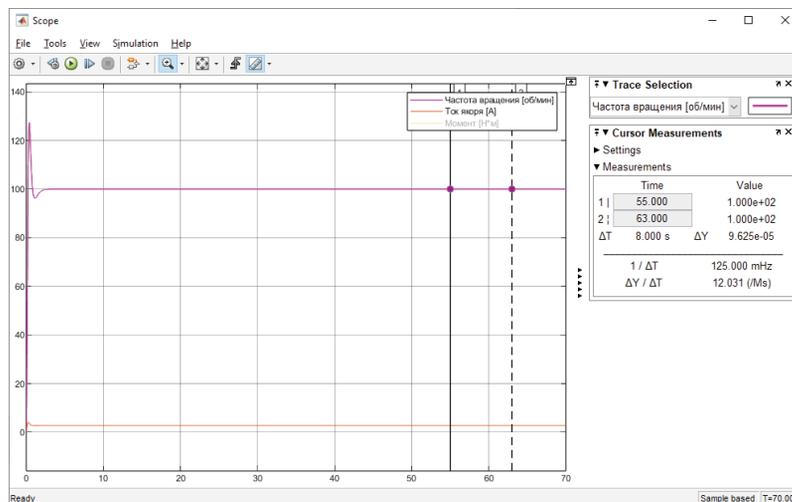


Рисунок 13 – Реакция скорости двигателя при скорректированных значениях  $K_p$ ,  $T_i$  и  $T_d$  для обоих контуров

него контура. После этого, используя полученные значения  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  внутреннего контура, можно выполнить процесс настройки внешнего контура.

2. Метод Циглера-Николса можно использовать в качестве отправной точки процесса настройки. Постоянные значения, основанные на правилах, не обязательно дают хороший отклик, поэтому корректировки постоянных значений по-прежнему необходимы.

3. Каскадная конфигурация ПИД-ПИ очень хорошо работает с точки зрения стабильности и надёжности для двигателей постоянного тока. Однако он производит очень медленный отклик. Для преодоления данного недостатка в будущем планируется рассмотреть использование более про-

двинутых алгоритмов управления, таких как адаптивные ПИД, нечёткая логика, нейронные сети. Эти методы позволят повысить быстродействие системы при сохранении устойчивости.

4. Программно-технологическую настройку можно использовать для проверки алгоритма управления, реализованного на микроконтроллерах. Это может предотвратить возможность подачи алгоритмом управления команд, которые могут нанести вред реальным приводам/установкам.

5. Из-за недостатка медленной последовательной связи программное обеспечение, работающее в цикле, использующее последовательную связь, может использоваться только с процессами, имеющими медленное время отклика.

#### Список источников

1. Угловский А. С., Семеренко Н. Ю. Моделирование работы мобильного робота для обоснования его функциональных параметров и алгоритма управления // *АгроЭкоИнженерия*. 2023. № 4 (117). С. 57–72. DOI 10.24412/2713-2641-2023-4117-57-71. EDN NNUDIN.
2. Короткий О. А., Лоскутов С. А., Корнеев А. А. Системы управления мобильным роботом // *Известия Института инженерной физики*. 2023. № 1 (67). С. 11–15. EDN BOZDQO.
3. Лариошкин И. Н., Акименко Т. А. Система управления робототехническим комплексом на базе мобильного робота с локальными контурами управления // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2020. № 9. С. 260–265. EDN YRVKHX.
4. Omidvar M. N., Rahmani R., Zohoori M., Tafazzoli F. Autonomous Navigation of Mobile Robots using Computer Vision and Control Theory // In: *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. 2020. P. 8786–8792.
5. Deshmukh A., Gupta M. PID Controller: A review of literature // *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology (IJSRCSEIT)*. 2021. Vol. 6, Is. 3. P. 48–53. DOI 10.32628/IJSRCSEIT.0639.
6. Corke P. Robot Arm Kinematics // In book: *Robotics, Vision and Control*. 2nd ed. Cham : Springer, 2017. P. 191–226. DOI 10.1007/978-3-319-54413-7\_7.
7. Kim S. J., Kim B. H., Cho H. G. Vision-Based Obstacle Avoidance of Autonomous Mobile Robots using Deep Learning // *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*. 2018. Vol. 24, Is. 5. P. 420–427. DOI 10.5302/J.ICROS.2018.18.0056.
8. Shahbazi M. Machine learning-based approaches for obstacle detection and avoidance in autonomous vehicles: A review // *Expert Systems With Applications*. 2021. 172:114535. DOI 10.1016/j.eswa.2021.114535.
9. Leca D., Cadenat V., Sentenac T. Sensor-based algorithm for collision-free avoidance of mobile robots in complex dynamic environments // *European Conference on Mobile Robot (ECMR)*. Prague, Czech Republic, 2019, P.1–6.
10. Hua Y., Wang R., Qiao H. Sim-to-Real Reinforcement Learning for Robotics: A Comprehensive Review // *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*. 2022. P. 1–16. DOI 10.1109/TCDS.2022.3153253.
11. Aguilera Hernández M. I., Bautista M. A., Iruegas J. Diseño y Control de Robots Móviles. Instituto Tecnológico Nuevo Laredo. URL: <https://mecamex.net/anterior/cong02/papers/art24.pdf> (access date: 31.03.2024).

#### References

1. Uglovskij A. S., Semerenko N. Yu. Modelirovanie raboty mobil'nogo robota dlya obosnovaniya ego funkcional'nyh parametrov i algoritma upravleniya // *AgroEkoInzheneriya*. 2023. № 4 (117). S. 57–72. DOI 10.24412/2713-2641-2023-4117-57-71. EDN NNUDIN.
2. Korotkij O. A., Loskutov S. A., Korneev A. A. Sistemy upravleniya mobil'nym robotom // *Izvestiya Instituta inzhenernoj fiziki*. 2023. № 1 (67). S. 11–15. EDN BOZDQO.
3. Larioshkin I. N., Akimenko T. A. Sistema upravleniya robototekhnicheskim kompleksom na baze mobil'nogo robota s lokal'nymi konturami upravleniya // *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. 2020. № 9. S. 260–265. EDN YRVKHX.
4. Omidvar M. N., Rahmani R., Zohoori M., Tafazzoli F. Autonomous Navigation of Mobile Robots using Computer Vision and Control Theory // In: *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. 2020. P. 8786–8792.

5. Deshmukh A., Gupta M. PID Controller: A review of literature // International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology (IJSRCSEIT). 2021. Vol. 6, Is. 3. P. 48–53. DOI 10.32628/IJSRCSEIT.0639.

6. Corke P. Robot Arm Kinematics // In book: Robotics, Vision and Control. 2nd ed. Cham : Springer, 2017. P. 191–226. DOI 10.1007/978-3-319-54413-7\_7.

7. Kim S. J., Kim B. H., Cho H. G. Vision-Based Obstacle Avoidance of Autonomous Mobile Robots using Deep Learning // Journal of Institute of Control, Robotics and Systems. 2018. Vol. 24, Is. 5. P. 420–427. DOI 10.5302/J.ICROS.2018.18.0056.

8. Shahbazi M. Machine learning-based approaches for obstacle detection and avoidance in autonomous vehicles: A review // Expert Systems With Applications. 2021. 172:114535. DOI 10.1016/j.eswa.2021.114535.

9. Leca D., Cadenat V., Sentenac T. Sensor-based algorithm for collision-free avoidance of mobile robots in complex dynamic environments // European Conference on Mobile Robot (ECMR). Prague, Czech Republic, 2019, P.1–6.

10. Hua Y., Wang R., Qiao H. Sim-to-Real Reinforcement Learning for Robotics: A Comprehensive Review // IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems. 2022. P. 1–16. DOI 10.1109/TCDS.2022.3153253.

11. Aguilera Hernández M. I., Bautista M. A., Iruegas J. Diseño y Control de Robots Móviles. Instituto Tecnológico Nuevo Laredo. URL: <https://mecamex.net/anterior/cong02/papers/art24.pdf> (access date: 31.03.2024).

*Сведения об авторе*

**Артем Сергеевич Угловский** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электрификации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 3717-5731.

*Information about the author*

**Artem S. Uglovskiy** – Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Electrification, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Yaroslavl State Agrarian University”, spin code: 3717-5731.



Научная статья  
УДК 331.5  
doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.014

## МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ РАБОЧЕЙ СИЛЫ В ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Вера Витальевна Жолудева**

Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия  
zholudeva@yaragrovuz.ru, ORCID 0000-0001-9194-6659

**Реферат.** Статья посвящена ключевым социально-экономическим проблемам рынка труда – безработице и занятости населения. В данной работе, на основе официальных статистических данных о рынке труда Ярославской области за 2015–2022 гг., проведены анализ динамики показателей занятости и безработицы населения региона и моделирование показателей рынка труда в зависимости от социально-экономических показателей. Построены трендовые модели занятости и уровня безработицы, сделаны прогнозы на ближайшие три года. По нашим расчётам, численность занятых в отраслях экономики региона будет ежегодно сокращаться примерно на 20 тысяч человек, а уровень безработицы к 2025 году достигнет 6,13%. В результате проведённого исследования сделан вывод о том, что выявив основные факторы, влияющие на безработицу, можно разработать конкретные мероприятия по её снижению.

*Ключевые слова:* занятость, безработица, рынок труда, статистический анализ, рабочая сила

## MATHEMATICAL AND STATISTICAL MODELING OF THE LABOR FORCE STRUCTURE IN THE YAROSLAVL REGION

**Vera V. Zholudeva**

Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia  
zholudeva@yaragrovuz.ru, ORCID 0000-0001-9194-6659

**Abstract.** The article is devoted to the key socio-economic problems of the labor market – unemployment and employment. In this work, on the basis of official statistical data on the labor market of the Yaroslavl region for 2015–2022, an analysis of the dynamics of employment and unemployment indicators of the region's population and modeling of labor market indicators depending on socio-economic indicators were carried out. Trend models of employment and unemployment rates have been built, forecasts for the next three years have been made. According to our calculations, the number of people employed in the sectors of the region's economy will decrease by about 20 thousand people annually, and the unemployment rate will reach 6.13% by 2025. As a result of the conducted research it was concluded that by identifying the main factors affecting unemployment, it is possible to develop specific measures to reduce it.

*Keywords:* employment, unemployment, labor market, statistical analysis, labor force

**Введение.** Проблемы обеспеченности занятости и снижения уровня безработицы являются одними из ключевых проблем в развитии экономики региона. Регулирование в данной сфере является одной из приоритетных задач государства. Занятость населения является важной социально-экономической категорией, и уровень экономического развития территории напрямую от неё зависит, так как чем больше трудоустроенных граждан, тем выше благосостояние региона.

Актуальность темы исследования заключается в том, что информация о трудовых ресурсах

имеет большую сферу применения. Она применяется для оценки социально-экономического развития региона, при анализе качества жизни населения и конкурентоспособности различных отраслей экономики. Кроме того, на основе статистического анализа рынка труда региона осуществляется разработка новых законодательных актов, и реализуются различные управленческие решения органами власти в вопросах социальной политики.

Цель работы – анализ показателей, характеризующих состояние рынка труда Ярославской

области. Для реализации поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

1) анализ показателей, характеризующих состояние рынка труда в Ярославской области;

2) моделирование занятости и безработицы в Ярославской области на основе корреляционно-регрессионного анализа;

3) построение трендовых моделей основных показателей рынка труда.

Объект исследования – региональный рынок труда Ярославской области.

Предмет исследования – математико-статистическое моделирование показателей рынка труда Ярославской области.

**Материалы и методы исследования.** При проведении исследования автором была применена методология, базирующаяся на общенаучных методах познания, а именно: анализе и синтезе, сравнительных методах и статистических методах обработки информации, включая корреляционно-регрессионный анализ, прогнозирование на основе трендовых моделей.

Исходными данными для анализа послужила официальная статистическая отчетность территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Ярославской области за 2010–2022 гг. (основные социально-экономические показатели и показатели развития цифровой экономики Ярославской области).

**Результаты исследования.** Прежде всего, определимся с понятийным аппаратом. Занятость – это деятельность граждан, связанная с удовлетворением личных и общественных потребностей, не противоречащая законодательству Российской Федерации и приносящая, как правило, им заработок, трудовой доход [1]. Структура занятости населения в России формируется только из людей трудоспособного возраста. С 2019 года в России

мужчины считались трудоспособного возраста до 65 лет, а женщины – до 60 лет. Таким образом, при проведении пенсионной реформы правительство рассчитывало на увеличение численности трудоспособного населения.

Низкий уровень безработицы является одним из показателей благосостояния экономики, одной из черт привлекательности региона. В экономической науке существует понятие «естественный уровень безработицы». Это такой уровень, при котором обеспечена полная занятость рабочей силы, то есть рациональное и эффективное её использование [2].

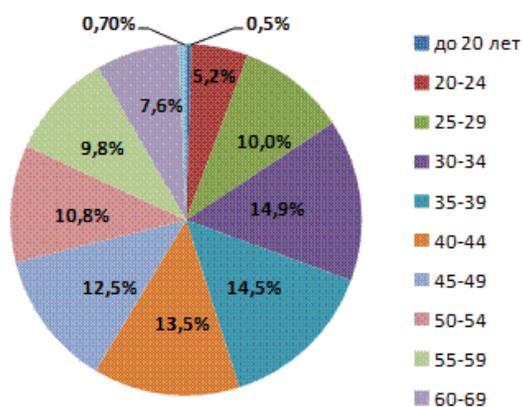
По данным выборочных обследований населения по рабочей силе, численность рабочей силы в 2022 году в возрасте от 15 лет и старше составила 659,6 тыс. человек, из неё 39 тыс. человек квалифицировались как незанятые.

По данным Ярославльстата, в структуре рабочей силы Ярославской области преобладает занятое население.

Анализ рисунка 1 позволил сделать выводы о том, что наибольший удельный вес среди всех возрастных групп приходится на занятых в возрасте 30–34 лет (14,9%); самой малочисленной является группа занятых в возрасте до 20 лет (0,5%). Средний возраст занятых в 2022 году составил 42,1 лет, число занятых в трудоспособном возрасте – 89,6% [3].

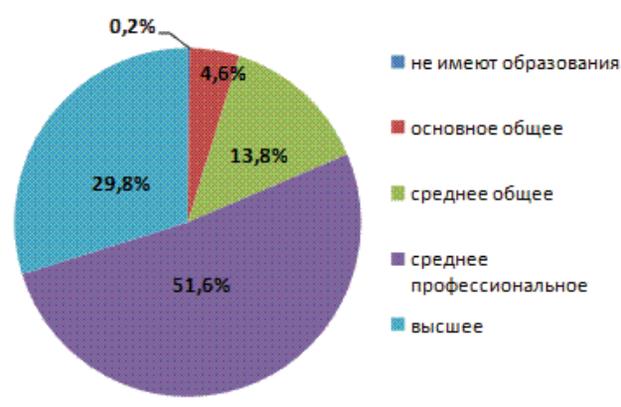
Образовательный уровень занятых в различных отраслях экономики Ярославской области за исследуемый период не менялся (рис. 2).

В структуре занятого населения преобладают лица со средним профессиональным образованием, доля которых в 2022 году составила 51,6%. Около 30% – это занятые с высшим образованием. Таким образом, основная часть занятого населения региона – это квалифицированные работники.



Источник: составлено автором на основе сведений статистических ежегодников «Ярославская область»

Рисунок 1 – Структура занятых по возрастным группам в 2022 году



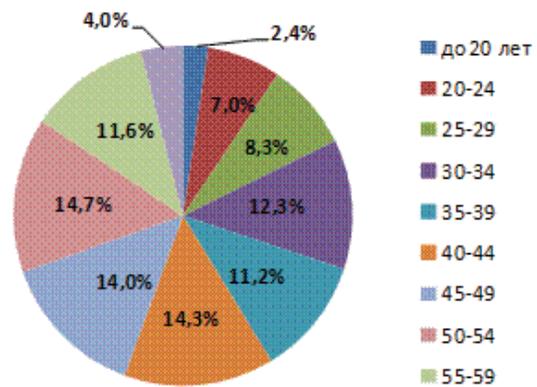
Источник: составлено автором на основе сведений статистических ежегодников «Ярославская область»

Рисунок 2 – Структура занятых по уровню образования в 2022 году



Источник: составлено автором на основе сведений статистических ежегодников «Ярославская область»

Рисунок 3 – Отраслевая структура занятости в 2022 году



Источник: составлено автором на основе сведений статистических ежегодников «Ярославская область»

Рисунок 4 – Структура безработных по возрастным группам в 2022 году

Для того чтобы получить комплексное представление о процессах, протекающих на региональном рынке труда, необходим анализ занятости населения по видам экономической деятельности [4]. Ярославская область характеризуется следующей отраслевой структурой занятости: высокая доля занятых в сфере обрабатывающих производств и торговле. Около 15% населения Ярославской области в 2022 году были заняты в образовании и здравоохранении (8,2 и 6,8% соответственно). Чуть меньше, а именно 6,7% – это занятые в сельском хозяйстве. Первая десятка распределения занятого населения по видам экономической деятельности представлена на рисунке 3.

Проанализируем ещё одну категорию в составе рабочей силы – безработных. Анализ позволяет сделать вывод, что с 2015 года по 2019 год численность безработных в Ярославской области снижалась [5]. В 2020 и 2021 годах произошёл рост данного показателя практически в 2 раза. Это связано в основном с COVID-19 и говорит о том, что работники, потерявшие работу в пандемию, в 2020–2021 годах не были трудоустроены.

Удельный вес женщин в общей численности безработных составил 49,2%.

Анализ изменений в структуре безработного населения Ярославской области по возрастным группам (рис. 4) свидетельствует о следующем:

1) в 2022 году основной удельный вес безработных составили безработные в возрасте 50–54 лет (14,7%). По сравнению с 2015 годом произошёл рост безработных в этой возрастной группе на 2,4%. Надо отметить, что в 2015 году самой многочисленной была группа безработных в возрасте 20–24 лет;

2) доля безработных в возрасте 60 лет и старше составила 4%, по сравнению с 2015 годом в этой возрастной группе произошло снижение примерно на 1%;

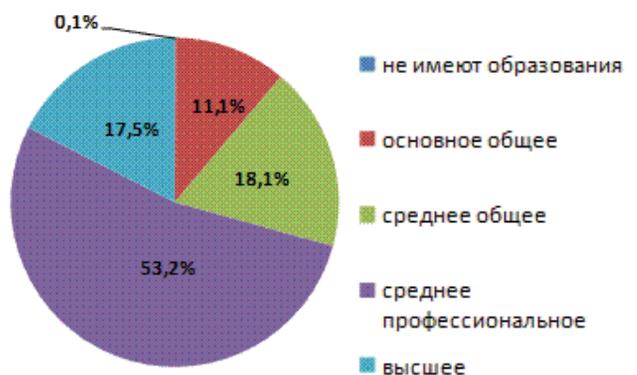
3) средний возраст безработных в 2022 году составил 42,7 лет.

Тревожит тот факт, что среди безработных граждан достаточно высока доля безработной молодёжи в возрасте 20–39 лет (41,2%).

Образовательный уровень безработных в Ярославской области довольно высок, так как среди безработных значительную долю занимает часть населения, имеющая высшее и среднее профессиональное образование (70,7%), рисунок 5.

Проанализируем факторы, влияющие на уровень безработицы, а также на уровень и структуру занятости, и проведём корреляционно-регрессионный анализ этих показателей.

Одним из факторов, влияющим на уровень безработицы, можно считать заработную плату, так как большинство работников не желают работать за предлагаемую им ставку заработной платы. Вторым фактором можно считать динамику миграционных процессов рабочей силы. Мигра-



Источник: составлено автором на основе сведений статистических ежегодников «Ярославская область»

Рисунок 5 – Структура безработных по уровню образования в 2022 году

ция представлена как утечкой высококвалифицированных специалистов из России (в основном в сфере информационных технологий), так и въездом на территорию России рабочих из стран СНГ и других соседних государств (их доля особенно значительна в строительной индустрии и в сфере услуг) [6].

В качестве исходных материалов взяли данные за 13 лет по Ярославской области. В качестве результативного фактора был взят уровень безработицы ( $Y$ ). Факторные признаки:

$x_1$  – заработная плата, руб.;

$x_2$  – миграционный прирост, чел.

Прежде всего, был проведён корреляционный анализ для определения степени влияния каждого факторного признака на результативный признак. Расчёты выполнены средствами MS Excel (табл. 1).

Таблица 1 – Корреляционная матрица

	$Y$	$x_1$	$x_2$
$Y$	1		
$x_1$	-0,57033	1	
$x_2$	0,668668	-0,73084	1

Уровень заработной платы имеет обратную умеренную связь с уровнем безработицы (-0,57033), то есть при увеличении заработной платы уровень безработицы сокращается. Миграционный прирост оказывает на уровень безработицы более сильное влияние (0,6678668), связь прямая, сильная. Множественный коэффициент корреляции равен  $R = 0,68$ , что свидетельствует о сильной связи. Таким образом, для снижения уровня безработицы необходимо увеличивать заработную плату и поддерживать миграцию внутри региона.

Зависимость результирующего показателя от выбранных факторов аппроксимировали линейно:  $Y = 2,6 - 0,00004x_1 + 0,00038x_2$ .

На уровень и структуру занятости населения оказывают влияние безработица, доходы населения, оценочная политика, уровень инфляции и другие факторы. Для моделирования влияния на занятость населения были отобраны следующие факторы:

$Y$  – количество занятых, тыс. чел.;

$x_1$  – уровень безработицы, %;

$x_2$  – доходы населения, руб.;

$x_3$  – индексы потребительских цен (инфляция).

Анализ корреляционной матрицы (табл. 2) позволяет сделать вывод, что установлена умеренная связь между результативным признаком  $Y$  (численность занятых) и следующими факторными

Таблица 2 – Корреляционная матрица

	$Y$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$Y$	1			
$x_1$	-0,644181	1		
$x_2$	0,51098	-0,42511	1	
$x_3$	0,364152	0,288604	0,027358	1

признаками:  $x_1$  (уровень безработицы) и  $x_2$  (доходы населения). Влияние на численность занятых индексов потребительских цен достаточно слабое. Кроме того, установлена обратная связь между количеством занятых и уровнем безработицы. Множественный коэффициент корреляции равен  $R = 0,7439$ , что свидетельствует о сильной связи между результативным фактором и признаками, влияющими на него. Зависимость результирующего показателя от выбранных факторов аппроксимировали линейно:  $Y = 563,4039 + 4,8655x_1 - 0,0022x_2 + 107,3076x_3$ .

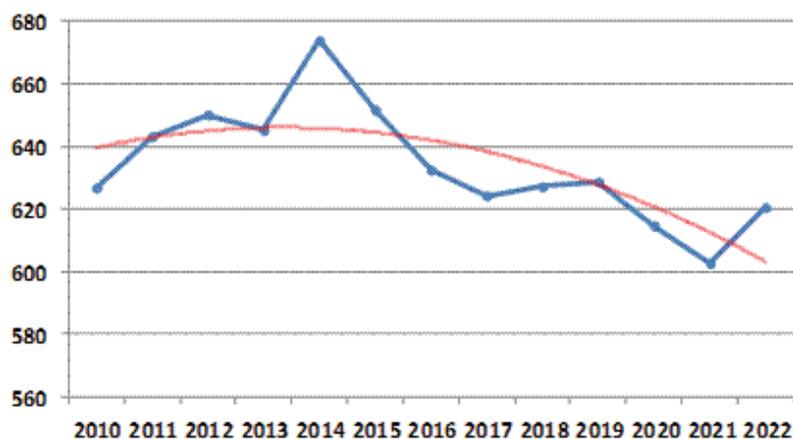
В настоящем исследовании было проведено прогнозирование численности занятых в Ярославской области за период 2010–2022 годы. Для этого были построены трендовые модели: линейная, параболическая и экспоненциальная. Проверка на стационарность уровней динамических рядов проведена с помощью следующих критериев: критерия, основанного на медиане; критерия восходящих и нисходящих серий (ВНС); критерия Фостера-Стюарта. Адекватность построенных моделей осуществлялась на основе критерия Дарбина-Уотсона. Далее построенные модели были проверены на точность с помощью следующих статистических показателей: средней ошибки аппроксимации ( $A$ ) и средней квадратической ошибки ( $S$ ). Среди кривых роста, имеющих допустимую ошибку аппроксимации (0–30%), для прогнозирования выбираются те, у которых минимальная средняя квадратическая ошибка [7].

Лучшей для прогнозирования численности занятых является параболическая модель  $\hat{y} = 641,97 - 3,03t - 0,57t^2$ . Выбранная модель позволяет описать закономерности развития анализируемого явления наиболее адекватно и точно (рис. 6).

На основе построенного тренда было выполнено прогнозирование на ближайшие три года.

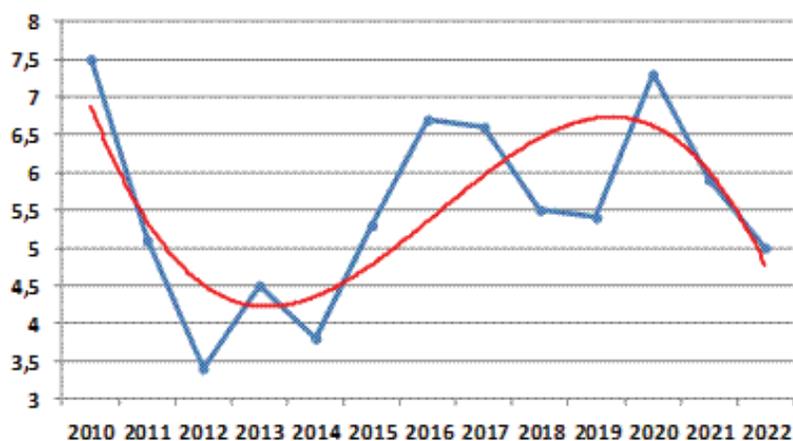
Таблица 3 – Точечные прогнозы занятости населения, тыс. чел.

Год	Прогнозное значение
2023	592,83
2024	581,83
2025	568,53



Источник: составлено автором

Рисунок 6 – Трендовая модель численности занятых



Источник: составлено автором

Рисунок 7 – Трендовая модель уровня безработицы

Анализ таблицы 3 показывает убывающую тенденцию занятости населения в регионе в ближайшие три года. Численность занятых будет ежегодно сокращаться примерно на 20 тысяч человек.

Лучшей для прогнозирования численности занятых является полиномиальная модель третьей степени  $\hat{y} = 9,2196 - 2,7919t + 0,4733t^2 - 0,0219t^3$ , рисунок 7.

На основе построенного тренда было произведено прогнозирование на ближайшие три года (табл. 4). Из данных таблицы 4 видно, что при сложившейся тенденции уровень безработицы в регионе к 2025 году возрастёт на 0,13 п.п. и достигнет 6,13%.

**Выводы.** Таким образом, проблемы занятости и безработицы населения являются одними из важнейших социально-экономических проблем Ярославской области. Результаты исследования позволяют заключить, что в регионе происходит

снижение количества численности безработных. Но, несмотря на это, область имеет самый высокий уровень безработицы в ЦФО. Отраслевая структура экономики региона определяет уровень её социально-экономического развития. При этом значимую роль играют обрабатывающие производства как важный поставщик рабочих мест.

Показатель уровня безработицы занимает одно из важнейших мест в анализе рынка труда. Занятость населения определяет уровень и качество

Таблица 4 – Точечные прогнозы уровня безработицы, %

Год	Прогнозное значение
2023	6,00
2024	6,07
2025	6,13

жизни как отдельных граждан, так и общества в целом. Безработица обостряет политическую ситуацию в стране.

В результате проведенного корреляционно-регрессионного анализа установлена существ-

венная связь между показателями уровня безработицы и занятости и факторными признаками. Определив основные влияющие факторы в регионе, можно разработать конкретные мероприятия по снижению уровня безработицы.

#### *Список источников*

1. Закон РФ «О занятости населения в Российской Федерации» ; принят 19 апреля 1991 года № 1032-1 (ред. от 11.12.2018) // СПС «Консультант плюс». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_60/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60/) (дата обращения: 16.02.2024).
2. Жолудева В. В., Мельниченко Н. Ф. Качество трудовой жизни как фактор социально-экономического развития // Вестник Московского международного университета. 2018. № 1 (1). С. 62–71. EDN YNTNDF.
3. Ярославская область. 2022: стат. сб. Ярославль, 2022. 394 с. URL: [https://76.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/ezhegodnik\\_2022.pdf](https://76.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/ezhegodnik_2022.pdf) (дата обращения: 19.02.2024).
4. Мхитарян В. С., Сарычева Т. В. Исследование структуры занятости по видам экономической деятельности в Российской Федерации // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2019. № 2. С. 31–50. DOI 10.18101/2304-4446-2019-2-31-50. EDN XZGXAN.
5. О безработице в Ярославской области в 2022 г. URL: [https://76.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/o-bezrabotitse\\_v\\_yaroslavskoy\\_oblasti\\_v\\_2022\\_g..pdf](https://76.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/o-bezrabotitse_v_yaroslavskoy_oblasti_v_2022_g..pdf) (дата обращения: 19.02.2024).
6. Жуков Е. А., Селиванов И. Ю. Анализ факторов, влияющих на уровень безработицы в субъектах Российской Федерации // Молодой ученый. 2016. № 10 (114). С. 697–700. EDN WAODAZ.
7. Мхитарян В. С., Сарычева Т. В. Прогнозирование занятости населения в Российской Федерации по видам экономической деятельности // Вопросы статистики. 2017. № 3. С. 18–29. EDN YMVHXR.

#### *References*

1. Zakon RF «O zanjatosti naselenija v Rossijskoj Federacii» ; prinjat 19 aprelja 1991 goda № 1032-1 (red. ot 11.12.2018) // SPS «Konsul'tant pljus». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_60/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60/) (data obrashhenija: 16.02.2024).
2. Zholudeva V. V., Mel'nichenko N. F. Kachestvo trudovoj zhizni kak faktor social'no-jekonomicheskogo razvitija // Vestnik Moskovskogo mezhdunarodnogo universiteta. 2018. № 1 (1). S. 62–71. EDN YNTNDF.
3. Jaroslavskaja oblast'. 2022: stat. sb. Jaroslavl', 2022. 394 s. URL: [https://76.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/ezhegodnik\\_2022.pdf](https://76.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/ezhegodnik_2022.pdf) (data obrashhenija: 19.02.2024).
4. Mkhitaryan V. S., Sarycheva T. V. Issledovanie struktury zanjatosti po vidam jekonomicheskoy dejatel'nosti v Rossijskoj Federacii // Vestnik Burjatskogo gosudarstvennogo universiteta. Jekonomika i menedzhment. 2019. № 2. S. 31–50. DOI 10.18101/2304-4446-2019-2-31-50. EDN XZGXAN.
5. O bezrabotice v Jaroslavskoj oblasti v 2022 g. URL: [https://76.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/o-bezrabotitse\\_v\\_yaroslavskoy\\_oblasti\\_v\\_2022\\_g..pdf](https://76.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/o-bezrabotitse_v_yaroslavskoy_oblasti_v_2022_g..pdf) (data obrashhenija: 19.02.2024).
6. Zhukov E. A., Selivanov I. Yu. Analiz faktorov, vlijajushhih na uroven' bezraboticy v sub#ektah Rossijskoj Federacii // Molodoj uchenyj. 2016. № 10 (114). S. 697–700. EDN WAODAZ.
7. Mkhitaryan V. S., Sarycheva T. V. Prognozirovanie zanjatosti naselenija v Rossijskoj Federacii po vidam jekonomicheskoy dejatel'nosti // Voprosy statistiki. 2017. № 3. S. 18–29. EDN YMVHXR.

#### *Сведения об авторе*

**Вера Витальевна Жолудева** – кандидат педагогических наук, доцент, профессор кафедры электрификации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spm-код: 2190-8887.

#### *Information about the author*

**Vera V. Zholudeva** – Candidate of Pedagogical Sciences, Docent, Professor of the Department of Electrification, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 2190-8887.

Научная статья  
УДК 636.2.034  
doi:10.35694/YARCX.2024.66.2.015

## ДИНАМИКА ВЕСОВОГО РОСТА РЕМОУНТНЫХ ТЁЛОК ПРИ РАЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ МОЛОЧНОГО ПЕРИОДА ИХ ВЫРАЩИВАНИЯ

**Светлана Валерьевна Путинцева**

Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины,  
Санкт-Петербург, Россия  
putinceva-s@yandex.ru, ORCID 0009-0008-5844-4495

**Реферат.** Представлена сравнительная характеристика динамики весового роста ремонтных тёлочек при разной технологии их выращивания. В российских регионах с развитым молочным скотоводством используются интенсивные технологии выращивания тёлочек с продолжительностью молочного периода 2-х мес. при раннем их приучении к концентрированным кормам. Это способствует лучшему развитию особей, более раннему использованию тёлочек для воспроизводства стада, началу первой лактации и повышению экономической эффективности производства молока. Однако данные об эффективности использования разных технологий носят противоречивый характер. Целью исследования являлся сравнительный анализ динамики весового роста ремонтных тёлочек при разной технологии их выращивания в молочный и послемолочный периоды. Исследование было проведено в племенном заводе Ленинградской области в 2021–2023 гг. на двух группах тёлочек голштинской породы, по 20 гол. в каждой, сформированных по принципу пар-аналогов с учётом происхождения, пола и живой массы при рождении. Группы отличались продолжительностью молочного периода (2 и 4 мес.). Весовой рост подопытных животных определяли по динамике живой массы и её среднесуточному приросту за период от рождения до 12 мес. Положительная динамика живой массы ремонтных тёлочек от рождения до окончания послемолочного периода свидетельствует о целесообразности сокращения молочного периода до 2 мес. При интенсивном выращивании тёлочек их живая масса за исследуемый период увеличилась на 19,1–71,3% и в возрасте 12 мес. была на 11,4% больше, чем у сверстниц с молочным периодом 4 мес. Среднесуточный прирост живой массы в возрасте 4–6 мес. увеличился на 4,3–8,1%. После наступления половой зрелости в 6 мес. и до 12-месячного возраста величина прироста массы уменьшилась на 2,3–3,5%. В среднем по группам различия по среднесуточному приросту составили 15,2%. Изменение технологии выращивания тёлочек обеспечивает их интенсивный рост и позволяет включить животных в цикл воспроизводства стада в более раннем возрасте.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, голштинская порода, технология выращивания ремонтных тёлочек, молочный период выращивания, живая масса, интенсивность роста

## DYNAMICS OF WEIGHT GROWTH OF REPLACEMENT HEIFERS WITH DIFFERENT TECHNOLOGIES OF PREWEANING PERIOD OF THEIR REARING

**Svetlana V. Putinceva**

Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint-Petersburg, Russia  
putinceva-s@yandex.ru, ORCID 0009-0008-5844-4495

**Abstract.** A comparative characteristic of the dynamics of weight growth of replacement heifers with different technology of their rearing is presented. In Russian regions with developed dairy cattle breeding intensive technologies of heifer rearing are used with a duration of the preweaning period of 2 months with early training for concentrated feed. This contributes to better development of individuals, earlier use of heifers for herd reproduction, the beginning of the first lactation and an increase in the economic efficiency of milk production. However, data on the effectiveness of using different technologies are contradictory. The purpose of the study was a comparative analysis of the dynamics of weight growth of replacement heifers with different technologies for their rearing in the preweaning and weaning periods. The research was conducted at the stud farm of the Leningrad region in 2021–2023 on two groups of heifers of the Holstein breed, 20 heads each, formed on the principle of pair analogues, taking into account origin, sex and live weight at

birth. The groups differed in the duration of the preweaning period (2 and 4 months). The weight growth of experimental animals was determined by the dynamics of live weight and its average daily gain for the period from birth to 12 months. The positive dynamics of the live weight of replacement heifers from birth to the end of the weaning period indicates the advisability of reducing the preweaning period to 2 months. With intensive rearing of heifers their live weight during the researched period increased by 19.1–71.3% and at the age of 12 months was 11.4% more than that of herdmates with a preweaning period of 4 months. The average daily live weight gain at the age of 4–6 months increased by 4.3–8.1%. After the onset of sex maturity in 6 months and up to 12 months of age the amount of weight gain decreased by 2.3–3.5%. On average, the differences between the groups in the average daily gain were 15.2%. Changing the technology of heifer rearing ensures their intensive growth and allows animals to be included in the herd reproduction cycle at an earlier age.

*Keywords: cattle, Holstein breed, technology of raising replacement heifers, preweaning growing period, live weight, growth intensity*

**Введение.** В последние годы в России больше внимания уделяется развитию отечественного животноводства, в том числе одной из наиболее важных отраслей – молочному скотоводству. Это обусловлено необходимостью обеспечения продовольственной безопасности страны в условиях ужесточения санкций со стороны недружественных стран Америки и Европы [1; 2; 3]. Использование современных технологий производства продукции скотоводства, достижения в области селекции скота специализированных молочных пород, широкое применение автоматизации и цифровых технологий, реализация Государственной программы развития сельского хозяйства в России, а также поддержка АПК со стороны Правительства РФ – всё это обеспечивает лидирующее положение отрасли и выход отечественного молочного скотоводства на новый уровень [4; 5; 6]. Следует отметить, что производство ценного и незаменимого продукта питания человека – молока – является сложным и многоступенчатым процессом, включающим разные элементы технологии [7; 8; 9; 10]. Выращивание ремонтного молодняка в молочном скотоводстве является одним из важных элементов технологии производства молока [2; 3]. Степень интенсивности роста и развития тёлочек оказывает влияние на возраст их первого плодотворного осеменения, возраст получения первого

потомства и первой лактации, уровень молочной продуктивности, состояние здоровья коров, продолжительность их продуктивного использования в стаде (долголетие), а также экономическую эффективность производства молока [11; 12; 13]. Для формирования скороспелых, высокопродуктивных коров с крепкой конституцией, способных реализовать присущий им наследственный потенциал и выдержать большие физиологические нагрузки, связанные с лактацией и размножением, необходимо обеспечить оптимальные условия выращивания молодняка [2; 4; 5; 8; 14]. В настоящее время в животноводческих предприятиях разных регионов страны используются разные технологии выращивания ремонтного молодняка, и основное их отличие заключается в организации молочного и послемолочного периодов выращивания [3; 9; 10; 15]. В регионах с развитым молочным скотоводством на фоне применения научно обоснованных интенсивных технологий выращивания ремонтных тёлочек произошло сокращение продолжительности молочного периода с 4-х до 2-х мес. и раннего перевода особей на послемолочный период [1; 4; 5]. Данные об эффективности использования разных технологий носят противоречивый характер [2; 8; 11; 13; 15]. В связи с этим возникла объективная необходимость проведения сравнительного анализа эффективности разной организации мо-



Рисунок 1 – Содержание тёлочек в индивидуальных и групповых станках

**Динамика весового роста ремонтных тёлочек при разной технологии молочного периода их выращивания**



Рисунок 2 – Содержание тёлочек в групповых секциях



Рисунок 3 – Беспривязно-боксовое содержание тёлочек в послемолочный период их выращивания

лочного и послемолочного периодов выращивания тёлочек в сложившихся хозяйственных условиях одного из племенных заводов Ленинградской области.

Цель исследований – проанализировать динамику весового роста и эффективность выращивания ремонтных тёлочек голштинской породы при разной организации молочного и послемолочного периодов в технологии их выращивания.

**Материал и методы исследований.** Исследования были проведены в 2021–2023 гг. в племенном заводе Ленинградской области, специализирующемся на выращивании скота голштинской породы и производстве молока. Материалами исследований послужили данные зоотехнического и племенного учёта в хозяйстве за исследуемый период. Объектом исследований являлись тёлочки голштинской породы от рождения до завершения периода выращивания (12 мес.) Для проведения исследований по принципу пар-аналогов с учётом происхождения, пола и живой массы при рождении было сформировано две группы тёлочек по 20 гол. в каждой. В 1-й группе кормление и содержание тёлочек осуществлялось по технологии, которая

используется в большинстве животноводческих предприятий Северо-Западного региона РФ: в период от рождения до 10–15 сут. тёлочки были размещены в индивидуальных станках (рис. 1) в профилактории; до 3-месячного возраста – в групповых станках (рис. 1); в 4–6 мес. (послемолочный период) – в групповых секциях (рис. 2); способ содержания тёлочек до случного возраста – беспривязно-боксовый (рис. 3).

В этой группе схема кормления молодняка в молочный период: при рождении – 2–4 кг молозива; 1–45 сут. – 6 кг молока; 46–60 сут. – 4 кг молока; 61–90 сут. – 2 кг молока; 3–30 сут. – пре-стартер в волю; с 31 сут. – приучение к кормосмеси и сену.

Во 2-й группе была использована интенсивная технология выращивания ремонтных тёлочек, которая внедряется в производство в передовых хозяйствах Ленинградской области. В соответствии с этой технологией содержание тёлочек после рождения до 2-мес. возраста в индивидуальных станках на глубокой соломенной подстилке (рис. 4); в возрастном интервале 2–6 мес. содержание подопытных животных беспривязно-боксовое групповое.



Рисунок 4 – Содержание тёлочек в индивидуальных станках

Схема кормления тёлочек: при рождении – 2–4 кг молозива; 1–3 сут. – 6 кг молока; 4–31 сут. – 9 кг молока; 31–45 сут. – 6 кг молока; 46–60 сут. – 3 кг молока; с 61 сут. – приучение к кормосмеси; 3–90 сут. – престоартер в волю; 91–180 сут. – стартер в волю.

Интенсивность весового роста определяли по результатам ежемесячного контрольного взвешивания тёлочек всех групп до кормления, по результатам которого рассчитывали среднесуточный прирост живой массы. Результаты исследований были обработаны методом вариационной статистики по общепринятой методике на ПК с использованием программного обеспечения Microsoft Excel.

**Результаты исследований.** При организации выращивания ремонтных тёлочек основной задачей является максимальное сохранение крепкого и здорового их поголовья. В современных макроэкономических условиях эффективность молочного животноводства определяется способностью коровы при употреблении дешёвых объёмистых кормов дать высокую продуктивность. В связи с этим важно организовать кормление ремонтных тёлочек с приучением их к раннему поеданию растительных кормов, способствующему лучшему развитию пищеварительной системы. В проведённых исследованиях интенсивное выращивание тёлочек с молочным периодом 2 мес., ранним вводом в схему кормления концентрированных кормов и содержанием их в индивидуальных станках оказало положительное влияние на изменение их живой массы (рис. 5).

Установлена положительная динамика весового роста у ремонтных тёлочек в обеих группах. В соответствии с закономерностями роста и развития молодняка крупного рогатого скота живая

масса тёлочек равномерно увеличивалась и достигла максимальной величины в 12 мес. Особи 2-й группы достоверно превосходили ( $P \leq 0,01$ ) сверстниц из 1-й группы по живой массе в течение всего периода их выращивания. Степень интенсивности происходивших изменений в группах была неодинаковой. Так, в 1-й группе живая масса изменялась в интервале от 15,3 до 70,0%. Во 2-й группе эти изменения составляли 19,1–71,3%. Наибольшее увеличение живой массы тёлочек в обеих группах отмечено в период от рождения до 1 мес. Различия между группами в этот период были незначительные и недостоверные ( $P \leq 0,05$ ). В последующем при значительном увеличении массы животных темп роста замедлялся, что связано с физиологическими изменениями. Наименьшее изменение живой массы у тёлочек 1-й группы отмечено в 6 мес., а во 2-й группе – в 5 мес. В возрасте 12 мес. особи 1-й группы имели массу 330,8 кг, что на 11,4% меньше, чем у сверстниц с молочным периодом 2 мес.

По величине среднесуточного прироста живой массы можно судить о степени формирования продуктивных качеств у ремонтного молодняка, его скороспелости и соблюдении технологических параметров кормления и содержания, осуществлять контроль за соблюдением технологии выращивания ремонтного молодняка. Динамика интенсивности роста тёлочек в молочный и послемолочный периоды представлена в таблице 1.

В 1-й группе среднесуточный прирост живой массы у тёлочек в течение исследуемого периода выращивания варьировал в интервале 756,9–864,1 г, и различия были незначительными. В этой группе минимальное значение показателя было у тёлочек в возрасте 9 мес., а максимальное – в 2-мес.

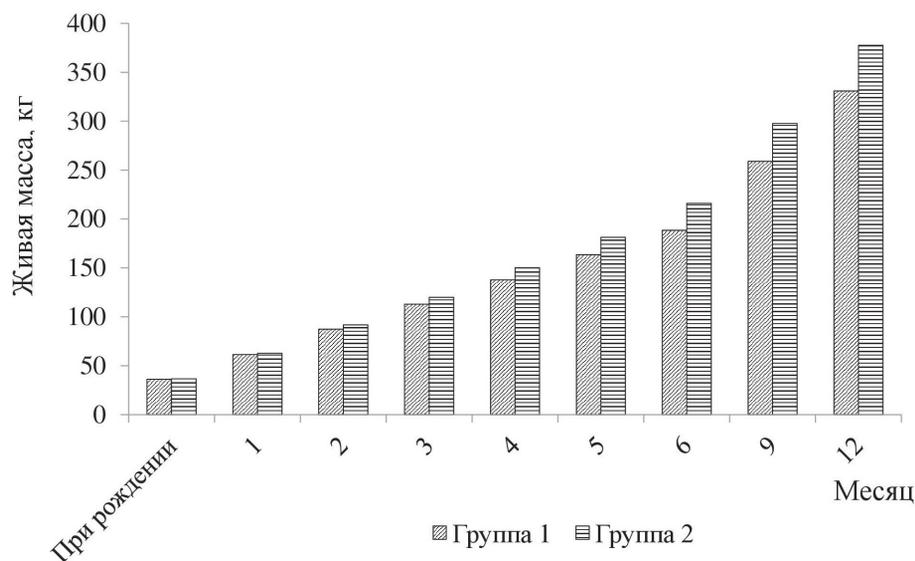


Рисунок 5 – Динамика живой массы подопытных тёлочек в молочный и послемолочный периоды их выращивания

Таблица 1 – Динамика среднесуточного прироста подопытных тёлочек, г

Возраст, мес.	Группа	
	1-я	2-я
1	842,5±47	869,3±42
2	864,1±61	942,4±49
3	854,3±53	936,1±47
4	831,4±59	976,3±42
5	856,1±54	1036,2±46
6	834,5±60	1120,6±51
9	756,9±55	877,4±46
12	773,1±43	857,7±44

возрасте. Следует отметить, что в 1-й группе среднесуточный прирост живой массы имел положительную динамику от рождения и до возраста 2 мес. – на 2,6%, с последующим уменьшением его в 3 и 4 мес. на 1,1–2,7% соответственно. В возрасте 5 мес. прирост массы увеличился на 3,0%, но с увеличением возраста до 12 мес. уменьшился на 2,9–9,3%.

В условиях интенсивного выращивания тёлочек и раннего использования в их рационе концентрированных кормов интервал изменения среднесуточного прироста живой массы в группе составил 857,7–1120,6 г. Выявленные тенденции можно объяснить лучшим развитием рубца у тёлочек при раннем вводе в рацион концентрированных кормов и сокращением продолжительности молочного периода до 2 мес. В возрасте 4–6 мес. отмечена положительная динамика среднесуточного прироста массы на 4,3–8,1%, а наибольшее его значение получено в возрасте 6 мес. После наступления по-

ловой зрелости в 6 мес. и до 12-мес. возраста величина прироста массы уменьшилась на 2,3–3,5%. Различия между группами ремонтных тёлочек разного возраста по среднесуточному приросту живой массы были достоверные при  $P \leq 0,01-0,001$ .

Различия в динамике среднесуточного прироста живой массы у тёлочек по периодам роста и развития при использовании разных технологий их выращивания отражены на графике (рис. 6).

Наибольшие достоверные различия между группами отмечены в периоды 4–6 мес. и 7–9 мес., которые составили 24,2 и 28,9% соответственно ( $P \leq 0,01$ ). Использование в рационе тёлочек в раннем возрасте концентрированных кормов и кормовых добавок способствовало получению у них среднесуточных приростов больше на 15,2% по сравнению с их сверстницами при традиционной технологии выращивания молодняка.

**Выводы.** Проведённые исследования позволяют сделать заключение о целесообразности

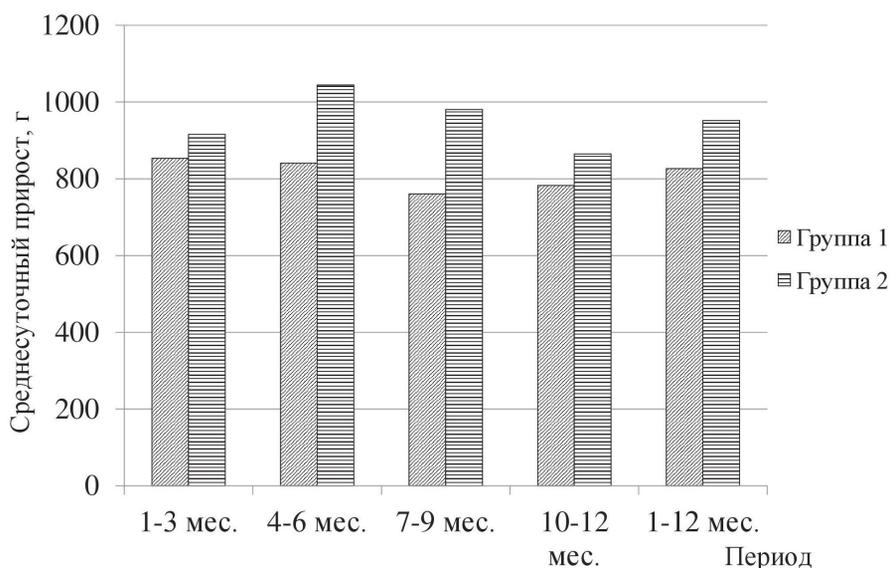


Рисунок 6 – Динамика среднесуточного прироста живой массы подопытных тёлочек по периодам их выращивания

интенсивного выращивания ремонтных тёлочек голштинской породы с использованием в молочный период, продолжительностью 2 мес., концентрированных кормов (престартеров и стартеров). Растущий молодняк отличается динамичным изме-

нением живой массы при обеспечении величины среднесуточного прироста 857,7–1120,6 г. Изменение технологии выращивания тёлочек позволяет включить животных в цикл воспроизводства стада в более раннем их возрасте.

#### Список источников

1. Васильева О. К., Сафронов С. Л. Модельный тип молочной коровы при разных технологиях производства молока // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 52. С. 89–96. EDN YNDQEX.
2. Падерина Р. В., Виноградова Н. Д. Раннее осеменение телок // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2023. № 4. С. 76–80. DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.4.76. EDN WXKOHY.
3. Падерина Р. В., Виноградова Н. Д. Оптимальный возраст осеменения телок как резерв увеличения производства молока // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2023. № 2. С. 60–62. DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.2.60. EDN BSREUG.
4. Гумеров А. Б., Горелик А. С., Кныш И. В. Влияние качества молозива и молока на сохранность и рост телят при применении ферментных препаратов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 51. С. 163–169. EDN XUEGOL.
5. Сафронов С. Л., Давыдова О. А. Оптимизация продуктивного долголетия коров как фактор увеличения производства молока // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 57. С. 65–71. DOI 10.24411/2078-1318-2019-14065. EDN EVKXHE.
6. Санганаева А. В., Склярская Т. В. Молочная продуктивность и воспроизводительные качества коров разного возраста // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 57. С. 71–79. DOI 10.24411/2078-1318-2019-14071. EDN IZJFEJ.
7. Падерина Р. В., Виноградова Н. Д. Продуктивные качества завезенного голштинского скота // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 47. С. 91–95. EDN ZBEZOP.
8. Вагапова О. А., Пашенко Е. А., Зернина С. Г. Гематологические показатели телок черно-пестрой породы при использовании биологически активной добавки Эрамин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 46. С. 96–100. EDN YORSAL.
9. Вильвер М. С., Фомина Н. В. Естественная резистентность коров-матерей и их дочерей в стаде ООО «Деметра» Челябинской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 1 (45). С. 96–97. EDN RWUVVN.
10. Ковров А. В., Падерина Р. В., Виноградова Н. Д. Влияние генетических факторов на продуктивное долголетие коров // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2019. № 3. С. 179–182. EDN KJGTJF.
11. Вагапова О. А., Пашенко Е. А., Зернина С. Г. Особенности поведения и роста молодняка черно-пестрой породы при использовании БАД Эрамин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 49. С. 87–92. EDN YOKAOP.
12. Горелик О. В., Федосеева Н. А., Кныш И. В. Молочная продуктивность коров голштинских линий черно-пестрого скота // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 56. С. 99–105. DOI 10.24411/2078-1318-2019-13099. EDN AEPFHW.
13. Сафронов С. Л., Смирнова М. Ф., Дорожук С. В. [и др.] Эффективность производства молока в хозяйствах с разной технологией выращивания ремонтного молодняка // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 3. С. 5–8. EDN TUINWH.
14. Gorelik A. S., Gorelik O. V., Miftakhutdinov A. V. [et al.] Correlation of performance traits of black-and-white first-calves // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Volgograd, 17th -18th June 2021) / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 848. P. 12072. DOI 10.1088/1755-1315/848/1/012072. EDN JFURMA.
15. Harlap S. Yu., Gorelik A. S., Vasileva O. K. [et al.] Growth and development of calves of different genetic background in the pre-weaning period // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Veliky Novgorod, 2020. Vol. 613. P. 012046. DOI 10.1088/1755-1315/613/1/012046.

#### References

1. Vasil'eva O. K., Safronov S. L. Model'nyj tip molochnoj korovy pri raznyh tekhnologiyah proizvodstva moloka // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 52. S. 89–96. EDN YNDQEX.
2. Paderina R. V., Vinogradova N. D. Rannee osemenenie telok // Normativno-pravovoe regulirovanie v veterinarii. 2023. № 4. S. 76–80. DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.4.76. EDN WXKOHY.

3. Paderina R. V., Vinogradova N. D. Optimal'nyj vozrast osemneniya telok kak rezerv uvelicheniya proizvodstva moloka // Normativno-pravovoe regulirovanie v veterinarии. 2023. № 2. S. 60–62. DOI 10.52419/issn2782-6252.2023.2.60. EDN BSREUG.
4. Gumerov A. B., Gorelik A. S., Knysh I. V. Vliyaniye kachestva moloziva i moloka na sohrannost' i rost telyat pri primenenii fermentnyh preparatov // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 51. S. 163–169. EDN XUEGOL.
5. Safronov S. L., Davydova O. A. Optimizatsiya produktivnogo dolgoletiya korov kak faktor uvelicheniya proizvodstva moloka // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 57. S. 65–71. DOI 10.24411/2078-1318-2019-14065. EDN EVKXHE.
6. Sanganaeva A. V., Sklyarskaya T. V. Molochnaya produktivnost' i vosproizvoditel'nye kachestva korov raznogo vozrasta // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 57. S. 71–79. DOI 10.24411/2078-1318-2019-14071. EDN IZJFEJ.
7. Paderina R. V., Vinogradova N. D. Produktivnye kachestva zavezennogo golshtinskogo skota // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 47. S. 91–95. EDN ZBEZOP.
8. Vagapova O. A., Pashchenko E. A., Zernina S. G. Gematologicheskie pokazateli telok cherno-pestroj porody pri ispol'zovanii biologicheskii aktivnoj dobavki Eramin // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 46. S. 96–100. EDN YORSAL.
9. Vil'ver M. S., Fomina N. V. Estestvennaya rezistentnost' korov-materej i ih docherej v stade OOO «Demetra» Chelyabinskoy oblasti // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 1 (45). S. 96–97. EDN RWUUVN.
10. Kovrov A. V., Paderina R. V., Vinogradova N. D. Vliyaniye geneticheskikh faktorov na produktivnoe dolgoletie korov // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarии. 2019. № 3. S. 179–182. EDN KJGTJF.
11. Vagapova O. A., Pashchenko E. A., Zernina S. G. Osobennosti povedeniya i rosta molodnyaka cherno-pestroj porody pri ispol'zovanii BAD Eramin // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 49. S. 87–92. EDN YOKAOP.
12. Gorelik O. V., Fedoseeva N. A., Knysh I. V. Molochnaya produktivnost' korov golshtinskih linij cherno-pestrogo skota // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 56. S. 99–105. DOI 10.24411/2078-1318-2019-13099. EDN AEPFHW.
13. Safronov S. L., Smirnova M. F., Doroshchuk S. V. [i dr.] Jeffektivnost' proizvodstva moloka v hozjajstvah s raznoj tehnolegiej vyrashhivaniya remontnogo molodnjaka // Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo. 2015. № 3. S. 5–8. EDN TUINWH.
14. Gorelik A. S., Gorelik O. V., Miftakhutdinov A. V. [et al.] Correlation of performance traits of black-and-white first-calves // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Volgograd, 17th -18th June 2021) / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering. Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 848. P. 12072. DOI 10.1088/1755-1315/848/1/012072. EDN JFURMA.
15. Harlap S. Yu., Gorelik A. S., Vasileva O. K. [et al.] Growth and development of calves of different genetic background in the pre-weaning period // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Veliky Novgorod, 2020. Vol. 613. P. 012046. DOI 10.1088/1755-1315/613/1/012046.

*Сведения об авторе*

**Светлана Валерьевна Путинцева** – аспирант кафедры кормления и разведения животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-петербургский государственный университет ветеринарной медицины», spin-код: 7410-2814.

*Information about the author*

**Svetlana V. Putinceva** – postgraduate student at the Department of Feeding and Breeding of Animals, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine", spin-code: 7410-2814.

16S рДНК, 61	И	Ресурсы, 24
F	Икра ленского осетра, 93	Рынок труда, 109
Flexorecten glaber, 61	Иммунитет, 46	С
A	Инвазии, 68	Система основной обработки
Абердин-ангусская порода, 31	Интенсивность роста, 115	почвы, 5
Агрофитоценоз, 5	K	Система удобрений, 5
Адаптивный компромисс, 61	Калмыцкая порода, 31	Скорость роста, 24
Анализ эпизоотического	Костромская порода, 76	Специально обработанная
процесса, 54	Критерий Стьюдента, 93	вода, 38
Аппарат Вейса, 93	Крупный рогатый скот, 46, 115	Статистический анализ, 109
Б	Л	Суданская трава, 15
Безработица, 109	Лопасты, 85	Сухая масса и состав сорных
Биологическая активность	M	растений, 5
воды, 38	Многолетние травы, 5	Сушка зерна, 85
Ботанический состав, 15	Мобильный робот, 98	Т
Бычки, 31	Молочная продуктивность, 76	Таксономическое
B	Молочный период	разнообразии, 61
Вакцинация, 54	выращивания, 115	Технологии возделывания, 5
Вика яровая, 15	Мониторинг, 54	Технология выращивания
Вирус бешенства, 54	Морфологическая	ремонтных тёлочек, 115
Внешний цилиндр, 85	изменчивость, 61	Транзисторный H-мост, 98
Внутренний цилиндр, 85	Морфо-экологические формы, 68	Туша, 31
Г	Мышечная ткань, 31	У
Ген COI, 68	Мясное скотоводство, 31	Универсальная
Гербициды, 5	O	полуавтоматическая роторная
Герефордская порода, 31	Обмен веществ, 38	сушилка, 85
Глухарь, 24	Овёс, 5, 15	Урожайность, 5
Голштинская порода, 115	Онтогенетические каналы, 61	Урожайность и питательность
Горох полевой, 15	Отечественная порода, 76	корма, 15
Д	П	X
Движение зерна, 85	Перепеловодство, 38	Химический состав, 31
Дикие животные, 54	Пищеварение, 46	Ч
Динамика живой массы, 38	Племенной завод, 76	Численность, 5
Динамика объёмов добычи, 24	Плотность населения, 24	Ш
Динамика численности, 24	Подбор, 76	ШИМ-сигнал, 98
Домашние животные, 54	Пробиотики, 46	Э
Драйвер электродвигателя, 98	Продуктивность, 46	Эксперимент, 93
Ж	P	Электродвигатель, 98
Живая масса, 115	Рабочая сила, 109	Электростатическое поле, 93
Животноводство, 46	Рапана, 68	Энергетическая ценность, 31
З	Рапс яровой, 15	Эпизоотическая ситуация, 54
Занятость, 109	Расселение, 68	Я
Засорённость, 5		Яичная продуктивность, 38



## **ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ, ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ В РЕДАКЦИЮ НАУЧНОГО ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК АПК ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ»**

**Для издания в журнале «Вестник АПК Верхневолжья» принимаются только ранее не опубликованные автором (авторами) материалы.**

1. Автор статьи предоставляет рукопись, оформленную согласно требованиям, заверенную собственной подписью.
  2. Если статья соответствует тематике журнала и требованиям к оформлению, она направляется на рецензирование специалисту с целью экспертной оценки. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи.
  3. Сроки рецензирования в каждом отдельном случае определяются с учетом создания условий для максимально оперативной публикации статей.
  4. В рецензии освещаются следующие вопросы:
    - соответствие содержания статьи заявленной в названии теме;
    - актуальность и соответствие современным достижениям науки;
    - доступность читателям с точки зрения языка, стиля, расположения материала, наглядности таблиц, диаграмм, рисунков и формул;
    - целесообразность публикации статьи с учётом ранее вышедших в свет публикаций;
    - в чём конкретно заключаются положительные стороны, а также недостатки статьи, какие исправления и дополнения должны быть внесены автором.
- Рецензент рекомендует, рекомендует с учётом исправления отмеченных недостатков или не рекомендует статью к публикации.
5. Рецензии заверяются в порядке, установленном в учреждении, где работает рецензент.
  6. Рецензирование проводится конфиденциально. Редакция издания направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство образования и науки Российской Федерации при поступлении в редакцию издания соответствующего запроса.
  7. Наличие положительной/отрицательной рецензии не является достаточным основанием для публикации / отказа в публикации статьи. Окончательное решение о целесообразности публикации принимается редколлегией журнала и фиксируется в протоколе заседания редколлегии. Порядок и очерёдность публикации статьи определяются в зависимости от объёма публикуемых материалов и перечня рубрик в каждом конкретном номере журнала.
  8. После принятия редколлегией решения о допуске статьи к публикации редакция информирует об этом автора и указывает сроки публикации. Текст рецензии по запросу направляется автору по электронной почте.
  9. Оригиналы рецензий хранятся в редакции в течение пяти лет.
  10. Не допускаются к публикации:
    - статьи, не оформленные должным образом, авторы которых отказываются от технической доработки статей;
    - статьи, авторы которых не отвечают на замечания рецензента.

Индекс журнала: 80759



*Журнал рассылается только по подписке, в розничную продажу не поступает*  
*The journal is sent only on subscription, not on sale*