

Известия

Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова

Научно-практический журнал

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ № ФС77-75291 от 15 марта 2019 г.). Индекс издания ПП921 АО «Почта России». Издаётся с 2013 г. Выходит 4 раза в год.

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

УЧРЕДИТЕЛЬ: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Шекихачев Ю. А. – д-р техн. наук, проф.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Апажев А. К. – д-р техн. наук, доц.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Абдулхаликов Р. З. – д-р с.-х. наук, доц.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР:

Дзуганов В. Б. – д-р техн. наук, доц.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Айсанов З. М. – д-р с.-х. наук, проф.,
Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Аширбеков М. Ж. – д-р с.-х. наук, доц., Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева (Петропавловск, Республика Казахстан)
Бакуев Ж. Х. – д-р с.-х. наук, доц., Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства (Нальчик, Россия)
Батукаев А. А. – д-р с.-х. наук, проф., Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Грозный, Россия)
Васюкова А. Т. – д-р техн. наук, проф., Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) (Москва, Россия)
Власова О. И. – д-р с.-х. наук, доц., Ставропольский ГАУ (Ставрополь, Россия)
Гварамя А. А. – д-р физ.-мат. наук, проф., акад. АН Абхазии, Абхазский государственный университет (Сухум, Республика Абхазия)
Гудковский В. А. – д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН, Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина (Мичуринск, Россия)
Гукежев В. М. – д-р с.-х. наук, проф., Кабардино-Балкарский научный центр РАН (Нальчик, Россия)
Джабоева А. С. – д-р техн. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Есаулко А. Н. – д-р с.-х. наук, проф., проф. РАН, Ставропольский ГАУ (Ставрополь, Россия)
Камбулов С. И. – д-р техн. наук, доц., Аграрный научный центр «Донской» (Зерноград, Россия)
Кудаев Р. Х. – д-р с.-х. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Курасов В. С. – д-р техн. наук, доц., Кубанский ГАУ (Краснодар, Россия)

Ламердонов З. Г. – д-р техн. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Максимов В. И. – д-р биол. наук, проф., Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К. И. Скрябина (Москва, Россия)
Марченко В. В. – д-р с.-х. наук, проф., чл.-кор. РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела (Московская область, Пушкино, пос. Лесные поляны, Россия)
Назранов Х. М. – д-р с.-х. наук, доц., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Несмиянов И. А. – д-р техн. наук, доц., Волгоградский ГАУ (Волгоград, Россия)
Пшихачев С. М. – канд. экон. наук, доц., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Сокол Н. В. – д-р техн. наук, проф., Кубанский ГАУ (Краснодар, Россия)
Тамова М. Ю. – д-р техн. наук, проф., Кубанский государственный технологический университет (Краснодар, Россия)
Тарчов Т. Т. – д-р с.-х. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Темираев Р. Б. – д-р с.-х. наук, проф., Горский ГАУ (Владикавказ, Россия)
Успенский А. В. – д-р ветеринар. наук, проф., чл.-кор. РАН, Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук (Москва, Россия)
Ханиева И. М. – д-р с.-х. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Шахмурзов М. М. – д-р биол. наук, проф., Кабардино-Балкарский ГАУ (Нальчик, Россия)
Шевхужев А. Ф. – д-р с.-х. наук, проф., Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра (Ставрополь, Россия)
Шеуджен А. Х. – д-р биол. наук, проф., акад. РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт риса (Краснодар, Россия)
Шогенов Ю. Х. – д-р техн. наук, акад. РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН (Москва, Россия)
Юлдашбаев Ю. А. – д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН, РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева (Москва, Россия)

Izvestiya

of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

Scientific and practical journal

Registered by Federal Communication Supervision Service of Information Technologies and Mass Communication (PI № FS77-75291 from March, 15, 2019). Publication index PP921 JSC Russian Post. Issued since 2013. It is published four times a year.

The journal is included in the List of the peer-reviewed scientific publications, in which the basic scientific results of dissertations for the degree of candidate of science, for the degree of doctor of science should be published

FOUNDER: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov"

EDITOR-IN-CHIEF:

Shekikhachev Yu.A. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)

ASSISTANTS CHIEF EDITOR:

Apazhev A.K. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Abdulkhalikov R.Z. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)

EXECUTIVE EDITOR:

Dzukanov V.B. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)

EDITORIAL BOARD:

Aisanov Z.M. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Ashirbekov M.Zh. – Assoc. Prof., Dr. Sci., North
Kazakhstan University named after M. Kozybayev
(Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan)
Bakuev Zh.Kh. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
North Caucasian Research Institute of Mountain
and Foothill Gardening (Nalchik, Russia)
Batukaev A.A. – Prof., Dr. Sci.,
Chechen Research Institute of Agriculture
(Grozny, Russia)
Vasyukova A.T. – Prof., Dr. Sci., Russian Biotechnological
University (ROSBIOTECH) (Moscow, Russia)
Vlasova O.I. – Assoc. Prof., Dr. Sci., Stavropol SAU
(Stavropol, Russia)
Gvaramiya A.A. – Prof., Dr. Sci., Academician of AS
of Abkhazia, Abkhazian State University
(Sukhum, Republic of Abkhazia)
Gudkovskiy V.A. – Prof., Dr. Sci., Academician
of RAS, Federal Scientific Center named after
I.V. Michurin (Michurinsk, Russia)
Gukezhev V.M. – Prof., Dr. Sci., Kabardino-Balkarian
Scientific Center RAS (Nalchik, Russia)
Dzhaboeva A.S. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Esaulko A.N. – Prof., Dr. Sci., Prof. of RAS,
Stavropol State Agrarian University (Stavropol, Russia)
Kambulov S.I. – Assoc. Prof., Dr. Sci., Agrarian
Scientific Center "Donskoy" (Zernograd, Russia)
Kudaev R.H. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Kurasov V.S. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kuban SAU (Krasnodar, Russia)

Lamerdonov Z.G. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Maksimov V.I. – Prof., Dr. Sci.,
Moscow State Academy of Veterinary Medicine and
Biotechnology – MVA named after K.I. Scryabin
(Moscow, Russia)
Marchenko V.V. – Prof., Dr. Sci., Corr. Member of RAS,
All-Russian Research Institute of Pedigree Business
(Moscow region, Pushkino, Lesnye Polyany village,
Russia)
Nazranov Kh.M. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Nesmiyanov I.A. – Assoc. Prof., Dr. Sci.,
Volgograd SAU (Volgograd, Russia)
Pshikhachev S.M. – Assoc. Prof., Ph. D.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Sokol N.V. – Prof., Dr. Sci., Kuban SAU
(Krasnodar, Russia)
Tamova M.Yu. – Prof., Dr. Sci.,
Kuban State Technological University
(Krasnodar, Russia)
Tarchokov T.T. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Temiraev R.B. – Prof., Dr. Sci., Gorsky SAU
(Vladikavkaz, Russia)
Uspenskiy A.V. – Prof., Dr. Sci., Corr. Member of RAS,
Federal Scientific Center – All-Russian Research Institute
of Experimental Veterinary named after K.I. Scryabin and
Y.R. Kovalenko Russian Academy of Sciences
(Moscow, Russia)
Khanieva I.M. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Shakhmurzov M.M. – Prof., Dr. Sci.,
Kabardino-Balkarian SAU (Nalchik, Russia)
Shevkhuzhev A.F. – Prof., Dr. Sci., All-Russian Research
Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the
North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center
(Stavropol, Russia)
Sheudzhen A.Kh. – Prof., Dr. Sci., Academician of RAS,
All-Russian Rice Research Institute (Krasnodar, Russia)
Shogenov Yu.Kh. – Dr. Sci., Academician of RAS,
Department of Agricultural Sciences RAS
(Moscow, Russia)
Yuldashbaev Yu.A. – Prof., Dr. Sci., Academician of RAS,
Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russia)

СОДЕРЖАНИЕ**БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ****Биологические ресурсы****Кожаева Дж. К., Кеккезов А. А.**Методы разведения пиявки медицинской (*Hirudo medicinalis*) в лабораторных условиях в Кабардино-Балкарской Республике 7**АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО****Общее земледелие и растениеводство****Шогенов Ю. М.**

Воздействие кремнийсодержащих препаратов на продуктивность кукурузы в условиях Кабардино-Балкарской Республики 14

Садоводство, овощеводство, виноградарств и лекарственные культуры**Егорова Е. М., Таумурзаева Ф. Д.**

Оптимизация технологии выращивания голубики высокорослой при применении гербицидов в условиях Кабардино-Балкарии 23

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ**Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология****Пилов А. Х., Тарчоков Т. Т., Айсанов З. М.**

Патоморфологический анализ трансформации щитовидной железы коров швицкой породы в условиях эндемии 31

**Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов
и производства продукции животноводства****Гадиев Р. Р., Гайфуллина А. Р., Якушенко О. С.**

Влияние возраста на репродуктивные качества гусаков крупной серой породы 38

Малородов В. В., Полякова В. Е., Голентовский Д. Н., Эдилова А. А.

Результативность выращивания перепелов на мясо в зависимости от глубины насыпи подстилочного материала в птичнике 46

Матросова Ю. В., Овчинников А. А., Савенко Д. А., Якушенко О. С.

Влияние пробиотиков в рационах молодняка крупного рогатого скота на биологические и хозяйственные особенности 55

Смакуев Д. Р., Абдулхаликов Р. З., Шахмурзов М. М., Вороков В. Х., Шевхужев А. Ф.

Мясное скотоводство Российской Федерации: точки роста 64

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных**Святогорова А. Е., Третьякова О. Л., Колосова Н. Н., Святогоров Н. А.**

Совершенствование методов оценки свиней породы дюрок 79

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса****Алоев В. З., Жирикова З. М., Алоев К. В.**

Влияние структурных характеристик углеродных волокон на механические свойства углепластиков на основе фенолона 88

Апажев А. К., Шекихачев Ю. А., Ашабоков Х. Х., Шекихачева Л. З. Исследование влияния природно-климатических и дорожных условий на эксплуатационные показатели автомобиля	96
Балкаров Р. А., Дзуганов В. Б. Системный подход к решению проблемы ресурсосберегающего использования машинно-тракторных агрегатов (МТА)	105
Жирикова З. М., Алоев В. З., Алоев К. В. Количественное описание модуля упругости полимерных композитов конструкционного назначения	113
Фиапшев Б. А. Исследование тепловых процессов в биогазовой установке	120
Пищевые системы	
Кривошонок К. В. Моделирование мероприятий по снижению «индекса несъедаемости» при организации школьного питания: аналитический обзор мониторинга длины перемены на завтрак и обед в общеобразовательных организациях Российской Федерации	127
Мухамедов Т. А., Мухамедова С. М., Джабоева А. С. Исследование аминокислотного и жирнокислотного состава конины сухого и влажного созревания	136
Соболь И. В., Красносельова Е. А., Донченко Л. В. Возможность использования натуральных растительных экстрактов в продуктах здорового питания	146
Шамкова Н. Т., Верещагина А. И., Ильинова С. А., Дунец Д. Р. Использование продуктов переработки топинамбура в производстве специализированных мучных кондитерских изделий для питания детей школьного возраста	154

CONTENTS**BIOLOGICAL SCIENCES****Biological Resources****Kozhaeva Ju.K., Kekkeзов A.A.**Methods of Breeding Medical Leech (*Hirudo Medicinalis*) in Laboratory Conditions in the Kabardino-Balkarian Republic **7****AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT****General Farming and Crop Production****Shogenov Yu.M.**The Impact of Silicon-containing Preparations on Corn Productivity in the Kabardino-Balkarian Republic **14****Horticulture, Vegetable Growing, Viticulture and Medicinal Crops****Egorova E.M., Taumurzayeva F.D.**Optimization of the Technology of Growing Tall Blueberries when Using Herbicides in Kabardino-Balkaria **23****ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE****Animal Pathology, Morphology, Physiology, Pharmacology and Toxicology****Pilov A.H., Tarchokov T.T., Aisanov Z.M.**Pathomorphological Analysis of Thyroid Gland Transformation of Swiss Cows in Endemic Conditions ... **31****Private Zootechnics, Feeding, Feed Preparation Technologies
and Livestock Production****Gadiev R.R., Gayfullina A.R., Yakushenko O.S.**The Influence of Age on Reproductive Performance of Large Grey Geese **38****Malorodov V.V., Polyakova V.E., Golentovskij D.N., Edilova A.A.**The Effectiveness of Growing Quails for Meat, Depending on the Depth of the Mound of Bedding Material in the Poultry **46****Matrosova Yu.V., Ovchinnikov A.A., Savchenko D.A., Yakushenko O.S.**The Influence of Probiotics in the Diets of Young Cattle on Biological and Economic Characteristics **55****Smakuev D.R., Abdulkhalikov R.Z., Shakhmurzov M.M., Vorokov V.H., Shevkhezhev A.F.**Beef Cattle Breeding of the Russian Federation: Points of Growth **64****Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology of Animals****Svyatogorova A.E., Tretyakova O.L., Kolosova N.N., Svyatogorov N.A.**Improving Assessment Methods of Duroc Pigs **79****AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES****Technologies, Machines and Equipment for the Agro-industrial Complex****Aloev V.Z., Zhirikova Z.M., Aloev K.V.**Influence of Structural Characteristics of Carbon Fibers on Mechanical Properties of Phenylon-based Carbon Fiber **88**

Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Ashabokov Kh.H., Shekikhacheva L.Z. Research of the Influence of Natural, Climatic and Road Conditions on Vehicle Performance Indicators ...	96
Balkarov R.A., Dzuganov V.B. Systemic Approach to Solving the Problem of Resource-saving Use of Machine and Tractor Unit (MTU)	105
Zhirikova Z.M., Alov V.Z., Alov K.V. Quantitative Description of the Modulus of Elasticity of Polymer Composites for Structural Purposes	113
Fiapshev B.A. Study of Thermal Processes in a Biogas Plant	120
Food Systems	
Krivoshonok K.V. Modeling Measures to Reduce the "Indegrability Index" in Organizing School Meals: Analytical Review of Monitoring the Length of Breakfast and Lunch Breaks in General Educational Organizations of the Russian Federation	127
Mukhamedov T.A., Mukhamedova S.M., Dzhaboeva A.S. Investigation of Amino Acid and Fatty Acid Composition of Horse Meat of Dry and Wet Maturation	136
Sobol I.V., Krasnoselova E.A., Donchenko L.V. The Possibility of Using Natural Plant Extracts in Healthy Food Products	146
Shamkova N.T, Vereshchagina A.I., Ilinova S.A., Dunets D.R. Use of Jerusalem Artichoke Processed Products in the Production of Specialized Flour Confectionery Products for School-age Children	154

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
BIOLOGICAL SCIENCES**Биологические ресурсы**
Biological Resources

Научная статья
УДК 639.5(470.64)
doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-7-13

**Методы разведения пиявки медицинской (*Hirudo medicinalis*)
в лабораторных условиях в Кабардино-Балкарской Республике**

Джультетта Каральбиевна Кожаева^{✉1}, Алим Ахматович Кеккезов²
Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1 в, Нальчик, Россия, 360030
^{✉1}Kozhaeva-52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-274-1959>
²kekkezovalim@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-3136-8082>

Аннотация. В статье приведены результаты исследования, проведенные в 2018-2024 годах по изучению способов содержания при разведении пиявки медицинской (*Hirudo medicinalis*) в лабораторных условиях в Кабардино-Балкарской республике. Цель исследования – оценка эффективности использования различных субстратов при закладке маток медицинской пиявки (*Hirudo medicinalis*) в лабораторных условиях. В исследованиях использованы следующие субстраты: кусковой торф; кусковой торф со мхом в соотношении 2:1; чистый мох, собранный с деревьев; мох, собранный с глинистой почвы с примесью глины; глиняно-песчаная смесь, покрытая сверху слоем мха. При использовании различных видов субстратов для маточников было установлено, что максимальная величина отложенных коконов и выхода потомства обнаруживалось в варианте с использованием чистого древесного мха. Особое значение имеет тот факт, что в опытах была задействована осенняя матка. Уровень смертности маток в период откладки коконов был максимальным для таких субстратов, как глиняно-песчанная смесь и кусковой торф. В таких субстратах, как древесный мох и мохово-торфяная смесь, смертность маток не зарегистрирована. Кусковой торф, традиционно используемый при разведении медицинской пиявки на биофабриках и производствах по большинству параметров (плодовитость и смертность маток) выявил один из наихудших результатов.

Ключевые слова: медицинская пиявка, субстрат, *Hirudo medicinalis*, мох, разведение, торф

Для цитирования. Кожаева Дж. К., Кеккезов А. А. Методы разведения пиявки медицинской (*Hirudo medicinalis*) в лабораторных условиях в Кабардино-Балкарской Республике // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 7–13.
doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-7-13

Original article

**Methods of Breeding Medical Leech (*Hirudo Medicinalis*) in Laboratory
Conditions in the Kabardino-Balkarian Republic**

Julietta K. Kozhaeva^{✉1}, Alim A. Kekkeзов²
Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030
^{✉1}Kozhaeva-52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-274-1959>
²kekkezovalim@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-3136-8082>

Abstract. The article presents the results of a research conducted in 2018-2024 to study the methods of keeping and breeding the medicinal leech (*Hirudo medicinalis*) in laboratory conditions in the Kabardino-Balkarian Republic. The aim of the study is to evaluate the effectiveness of using various substrates when laying medicinal leech (*Hirudo medicinalis*) queens in laboratory conditions. The following substrates were used in the studies: lump peat; lump peat with moss in a ratio of 2:1; pure moss collected from trees; moss collected from clay soil with an admixture of clay; clay-sand mixture covered with a layer of moss on top. When using different types of substrates for queen cells, it was found that the maximum size of the laid cocoons and the yield of offspring was found in the variant using pure tree moss. Of particular importance is the fact that an autumn queen was involved in the experiments. The mortality rate of queens during the cocoon laying period was highest for substrates such as clay-sand mixture and lump peat. No mortality of queens was recorded in substrates such as wood moss and moss-peat mixture. Lump peat, traditionally used in the breeding of medicinal leeches in biofactories and industries, showed one of the worst results in most parameters (fertility and mortality of queens).

Keywords: medical leech, substrate, *Hirudo medicinalis*, moss, breeding, peat

For citation. Kozhaeva Ju.K., Kekkeзов A.A. Methods of Breeding Medical Leech (*Hirudo Medicinalis*) in Laboratory Conditions in the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):7–13. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-7-13

Введение. Биологически активные вещества, входящие в состав секрета медицинских пиявок (*Hirudo medicinalis*), широко применяются в медицине. Всё чаще появляются сообщения об успешном применении гирудотерапии в ветеринарии. Медицинские пиявки (*Hirudo medicinalis*) являются идеальным инструментом для решения широкого спектра эндоэкологических проблем животных [1–5].

В последнее время гирудотерапия обретает большие обороты. Пиявок используют как в медицине, так и в ветеринарии. Их можно применять для лечения многих заболеваний, сопровождающихся воспалительными процессами. Организм медицинской пиявки (*Hirudo medicinalis*) – это естественная биофабрика по производству комплекса уникальных биологически активных веществ – это гирудин, гементин, эглинин, бделлинин, брадикинин. Все эти вещества являются биологически активными субстанциями естественного происхождения.

Однако в связи с современными тенденциями развития строительства всё чаще появляются проблемы с истощением природных популяции медицинских пиявок. Из-за чего пиявки на сегодняшний день находятся под угрозой исчезновения и поставлен запрет на вылов пиявок из естественных водоемов [1, 5, 6].

Медицинская пиявка является довольно простым в содержании и разведении объек-

том. Своеобразие питания медицинских пиявок, принимающих пищу через относительно большие промежутки времени, способность к длительному голоданию и неприхотливость к условиям содержания позволяют одновременно выращивать на небольшой площади значительное количество особей [3, 7].

Размножение пиявок происходит в летний период. Половая зрелость пиявок наступает при достижении животным определённого у биологического возраста, обычно на это затрачивается до 3-х лет. Все зависит от интенсивности питания, величины насыщаемой однократно крови, температуры окружающей среды и др. [5, 8].

Технологический цикл при выращивании медицинской пиявки в условиях лаборатории сводится к следующим действиям: сортировка особей на матки, спаривание, инкубация и выборка маток, коконов и личинок из инкубаторов.

Цель исследования – оценка эффективности использования различных субстратов при закладке маток медицинской пиявки (*Hirudo medicinalis*) в лабораторных условиях.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование проводилось на факультете «Ветеринарная медицина и биотехнология» на кафедре «Зоотехния и ветеринарно-санитарная экспертиза» Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В. М. Кокова с 2018 по 2024 год. Для исследования были выбраны пиявки

вида «медицинская пиявка» (*Hirudo medicinalis*). Внутри вида различают три подвида (аптечная, или аптекарская медицинская пиявка (*Hirudo medicinalis officinalis*), лечебная медицинская пиявка (*Hirudo medicinalis medicinalis*), Восточная, или персидская медицинская пиявка (*Hirudo medicinalis ibericus*)) [7, 10].

Для данной работы выбраны подвиды лечебной медицинской пиявки (*Hirudo medicinalis medicinalis*). Нами выявлено, что наряду с морфологическими особенностями, этот подвид отличается от других относительно быстрыми сроками созревания, размножения и неприхотливостью при искусственном содержании. Так, половое созревание лечебной медицинской пиявки (*Hirudo medicinalis medicinalis*) в лабораторных условиях приходит на 13-14 месяц в то время, как другие подвиды созревают на 14-18 месяцев. А выживаемость лечебной медицинской пиявки (*Hirudo medicinalis medicinalis*) на 7-10% выше, чем у других подвидов.

Для постановки опыта были использованы различные субстраты, куда подсаживались пиявки после стадии совокупления. В старой пиявководческой литературе имеются данные, что в естественных условиях излюбленным местом для откладки коконов пиявками служат берега с мягкой глинистой или торфяной почвой без камней, причем коконы пиявки откладывают под дёрном в проделанных ими ходах. Имеются сведения о том, что медицинская пиявка откладывает коконы в сосудах, наполненных глиной и песком [9, 10].

В качестве сред нами были использованы следующие субстраты:

- 1) кусковой торф;
- 2) кусковой торф со мхом в соотношении 2:1;
- 3) чистый мох, собранный с деревьев;
- 4) мох, собранный с глинистой почвы с примесью глины;
- 5) глиняно-песчанная смесь, покрытая сверху слоем мха.

Субстратом заполнялись 3-х литровые баллоны приблизительно на 2/3 (табл. 1). Субстрат (торф и мох) предварительно был увлажнен, после чего из него удалялась лишняя влага (около суток субстрат «стекал») (рис. 1).

Предварительно поставленные опыты показали, что при излишнем переувлажнении

матки откладывают меньше коконов и имеют высокую смертность. Условия создавались таким образом, чтобы вода не стояла на дне сосуда.

Таблица 1. Схема опыта
Table 1. Experimental scheme

№ этапа	Описание действия
1	Сортировка маток: отбор поясковых особей после спаривания. Масса особей – 4,5-5,5 г. Выбраны 500 маток
2	Подготовка субстратов для откладки коконов: мох и торф замачиваются в теплой воде в пластмассовых бочках. Время замачивания мха 10-15 часов, торфа – 48 часов. Торф предварительно стерилизуется марганцовокислым калием и кипятком, мох стерилизации не подвергается. В противном случае он гниет, а содержащиеся в нем пиявки – гибнут.
3	Постановка субстратов на стекание, подготовка 3-х литровых баллонов.
4	Закладка субстратов в баллоны в различных вариантах. Ссаживание в субстраты маток по 5 особей в баллон. Постановка на инкубацию. Условия: темнота, температура 24-26°C.
5	Выборка маток, коконов и молоди из субстратов. Подсчет количества полученного потомства в каждом варианте опытов.
6	Оценка эффективности использования тех или иных – субстратов в условиях производства. Подведение итогов.



Рисунок 1. Закладка маток в субстрат
Figure 1. Placing queens into the substrate

После подготовки субстрата в каждую банку ссаживались по 5 поясковых маток. Для каждого варианта опыта было предусмотрено 20 банок, т. е. по 100 штук пиявок. Пиявки для опыта отбирались приблизительно одинаковой массы 4,5-5,5 г. Готовые баллоны с матками ставились в затемненное помещение при температуре 24-26°C.

После откладки коконов оценивалось состояние отродивших маток, учитывалось количество коконов, их суммарный вес, рас-

считывался средний вес для каждого из отложенных коконов в различных вариантах опыта. После этого, при отрождении нитчаток, подсчитывалось их количество. Вышедшие из коконов нитчатки помещались первоначально на карантин, и оценка их числа велась после первого кормления, отмершие к этому времени особи учету не подвергались. Количественные результаты по числу отложенных коконов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Частота встречаемости отложенных коконов
Table 2. Frequency of occurrence of laid cocoons

Субстрат	Количество проб с различным количеством коконов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кусковой торф	7	11	0	3	7	0	0	5	0	0
Кусковой торф со мхом в соотношении 2:1	2	1	6	4	2	4	9	0	3	0
Чистый мох с деревьев	7	3	3	7	9	1	3	2	0	4
Мох, собранный с глинистой почвы с примесью глины	1	0	3	6	0	2	0	8	5	0
Глиняно-песчанная смесь, покрытая сверху слоем мха	0	1	3	0	2	0	1	0	1	1

В таблице 2 показано, что максимальное количество проб с нулевыми значениями отмечено для таких субстратов, как кусковой торф (5 вариантов из 35), глиняно-песчанная смесь, покрытая слоем мха (6 вариантов), мох с глиняной почвой с примесью глины (4 варианта). Обычно в банках с нулевыми вариантами отмечается гибель от 1 до всех маток. Причины этого не ясны, вероятно, это может быть вызвано переувлажненностью субстрата. Вторая возможная причина этого явления гипоксия маток, которая может возникать в условиях резкого недостатка кислорода. В связи с тем, что маточники накрываются стеклышками, их инспирация затруднительна, поэтому, если субстрат плохо стерилизован, в нем могут возникнуть гнилостные процессы. Эти процессы осуществляются микроорганизмами простейшими, одноклеточными грибами, бактериями. Они активно потребляют кислород и приводят к изменению химического состава среды, следствием чего может стать гибель маток.

Интересным представляется тот факт, что в субстрате с чистым древесным мхом отмечаются максимальные значения числа отложенных – 10 единиц. В целом же, ряд значений количества коконов в указанном субстрате является наиболее выравненным, он не имеет выраженных максимальных значений и здесь представлены все варианты: большинство проб характеризуются значениями свыше 3-х отложенных коконов [8]. Ни один вариант больше не показывал таких значений. При использовании других субстратов график имеет достаточно выраженные пики максимальных значений. Однако эти максимальные значения характеризуются сравнительно небольшим числом отложенных коконов. Так, при использовании смеси кускового торфа и мха большинство проб характеризовались 3-4 отложенными коконами, 2-3 кокона наблюдались в большинстве вариантов, где использовался мох с глинистой почвы.

Таким образом, наилучшие результаты по числу отложенных коконов показывают суб-

страты с чистым древесным мхом и древесный мох с кусковым торфом в соотношении 2:1.

В процессе опыта было также установлено, что использование древесного мха и смеси древесного мха с кусковым торфом позволяют оставлять маток в обычных условиях без затемнения; сам содержащийся в банках субстрат непрозрачен и находящиеся в нем матки не испытывают дискомфорта; число отложенных коконов в банках, содержащихся в темноте, было примерно одинаковым с числом коконов в банках, оставленных на свету.

Следует особо отметить тот факт, что используемые в опыте матки закладывались в осенний период, и, как известно, такие матки характеризуются более низкими количественными показателями при откладке коконов и более низким числом отрожденных нитчаток.

Последним параметром, оцениваемым на предмет эффективности использования того или иного субстрата в условиях производства, стало количество отродившихся нитчаток в пересчете на 1 матку. Как и в предыдущих параметрах, наилучшие результаты здесь были зарегистрированы в вариантах, где использовался чистый древесный мох.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод о том, что традиционно используемый на производстве медицинской пиявки кусковой торф является не самым лучшим субстратом для маток. Наилучшие же показатели отмечены для чистого древесного мха.

Особенно следует отметить некоторые моменты работы с древесным мхом и его заготовки. В процессе постановки эксперимента древесный мох использовался в различных

вариантах. По аналогии с кусковым торфом в некоторые баллоны маточника был заложен мох, стерилизованный кипятком и раствором марганцевокислого калия. Однако примерно через две недели такой субстрат начал гнить, что позволило сделать вывод о неприемлемости термической обработки ко мху. Живой же мох, находясь в маточнике, способен регулировать количество свободной влаги: излишняя вода им впитывается, т.к. мох обладает высокой влагоемкостью.

В процессе роста на свету в растении осуществляется процесс фотосинтеза, выделяется свободный кислород, что положительно сказывается на развитии коконов; общеизвестным является факт, что при эмбриональном развитии эмбрионы нуждаются в большом количестве кислорода.

Выводы. 1. При использовании различных видов субстратов для маточников было установлено, что максимальная величина отложенных коконов (3, 4 на 1 матку) и выхода потомства обнаруживалась в варианте с использованием чистого древесного мха. Особое значение имеет тот факт, что в опытах была задействована осенняя матка.

2. Уровень смертности маток в период откладки коконов был максимальным для таких субстратов, как глиняно-песчанная смесь и кусковой торф. В таких субстратах, как древесный мох и мохово-торфяная смесь, смертность маток не зарегистрирована.

3. Кусковой торф, традиционно используемый при разведении медицинской пиявки на биофабриках и производствах, по большинству параметров (плодовитость и смертность маток) выявил один из наихудших результатов.

Список литературы

1. Герашенко Л., Никонов Г. Вам поможет медицинская пиявка. Энциклопедия гирудотерапии: лечение без лекарств. Москва: АСТ: Астрель, 2008. 334 с.
2. Chalisova N.I., Zhuravskii S.G., Penniiainen V.A. [et al.]. The stimulating effect of destabilase, a component of *hirudo medicinalis* salivary gland secretion, on sensory neuron neurite growth in organotypic culture // *Tsitologiya*. 1999. Vol. 41. No 1. Pp 48–52. EDN: MPCDWF
3. Никонов Г. И. Медицинская пиявка. Основы гирудотерапии. Санкт-Петербург: Изд-во СДС, 2007. 294 с.
4. Черная Л. В., Ковальчук Л. А., Нохрина Е. С. Оценка микроэлементного обмена медицинских пиявок *Hirudo medicinalis officinalis* // *Микроэлементы в медицине*. 2008. Т. 9. № 1-2. С. 33–34. EDN: JWEMCP
5. Абдыкадырова Н. А., Буданов И. С., Никишов А. А. Поведение медицинской пиявки (*Hirudo medicinalis*) при разных режимах содержания // *Инновационные процессы в АПК. Сборник статей V*

Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых, аспирантов и студентов. Москва: РУДН, 2013. С. 110–112. EDN: SXBFWZ

6. Голенева О. М., Романова Е. М., Шадыева Л. А. Применение медицинских пиявок на здоровых животных // Тр. Всерос. науч.-исслед. ин-та ветеринар. энтомологии и арахнологии: сб. науч. тр. Вып. 52. Тюмень, 2013. С. 51–54.

7. Щеголев, Г.Г. Наблюдение над многоактной отладкой коконов медицинскими пиявками // Зоологический журнал. 1948. Т. 27. № 1. С. 13–16.

8. Кустов С. Ю., Горбунова Ю. К., Бардо Л. Э. Оптимизация процесса выращивания медицинской пиявки (*Hirudo medicinalis* L.) в искусственных условиях // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 41. С. 69–71. EDN: TGTUOL

9. Кустов С. Ю., Каменев О. Ю., Михайлов С. В. Обоснование необходимости включения медицинской пиявки (*Hirudo medicinalis* L.) в Красную книгу Краснодарского края // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий: материалы XIX межреспубликанской научно-практической конференции. Краснодар: КубГУ, 2006. С. 118. EDN: SYKEWV

10. Каменев О. Ю. Влияние токсичных веществ на выживание новорожденной и половозрелой медицинской пиявки // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2008. № 1(10). С. 134–137. EDN: JUGTZ

References

1. Gerashchenko L., Nikonov G. *Vam pomozhet meditsinskaya piyavka. Entsiklopediya girudoterapii: lecheniye bez lekarstv* [A medicinal leech will help you. Encyclopedia of hirudotherapy: treatment without drugs]. Moscow: AST: Astrel', 2008. 334 p. (In Russ.)

2. Chalisova N.I., Zhuravskii S.G., Penniainen V.A. [et al.]. The stimulating effect of destabilase, a component of *hirudo medicinalis* salivary gland secretion, on sensory neuron neurite growth in organotypic culture. *Tsitologiya*. 1999;41(1):48–52. EDN: MPCDWF

3. Nikonov G.I. *Meditsinskaya piyavka. Osnovy girudoterapii* [Medical leech. Fundamentals of hirudotherapy]. Saint Petersburg: Izd-vo SDS, 2007. 294 p. (In Russ.)

4. Chernaya L.V., Kovalchuk L.A., Nokhrina E.S. Evaluation of microelement metabolism of medicinal leeches *Hirudo medicinalis officinalis*ю *Microelements in medicine*. 2008;9(1-2):33–34. (In Russ.). EDN: JWEMCP

5. Abdykadyrova H.A., Budanov I.S., Nikishov A.A. Behavior of the medicinal leech (*Hirudo medicinalis*) under different maintenance conditions. *Innovatsionnyye protsessy v APK. Sbornik statey V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii prepodavateley, molodykh uchenykh, aspirantov i studentov* [Innovative processes in the agro-industrial complex. Collection of articles of the V International scientific and practical conference of teachers, young scientists, postgraduates and students]. Moscow: RUDN, 2013. Pp. 110–112. (In Russ.). EDN: SXBFWZ

6. Goleneva O.M., Romanova E.M., Shadyeva L.A. Use of medicinal leeches on healthy animals. *Tr. Vseros. nauch.-issled. in-ta veterinar. entomologii i arakhnologii: sb. nauch. tr. Vyp. 52* [Proceedings of the All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology: Collection of scientific papers. Issue 52]. Tyumen, 2013. Pp. 51–54. (In Russ.)

7. Shchegolev, G.G. Observation of multi-act debugging of cocoons by medicinal leeches. *Zoologicheskii zhurnal*. 1948;27(1):13–16.

8. Kustov S.Yu., Gorbunova Yu.K., Bardo L.E. Optimization of the process of growing medicinal leeches (*Hirudo medicinalis* L.) in artificial conditions. *Works of the Kuban state agrarian university*. 2014;(41):69–71. (In Russ.). EDN: TGTUOL

9. Kustov S. Yu., Kamenev O. Yu., Mikhailov S.V. Justification of the necessity of including the medicinal leech (*Hirudo medicinalis* L.) in the Red Book of Krasnodar Krai. *Aktual'nyye voprosy ekologii i okhrany prirody ekosistem yuzhnykh regionov Rossii i sopredel'nykh territoriy: materialy XIX mezhrеспубликанской nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Current issues of ecology and nature conservation of ecosystems of the southern regions of Russia and adjacent territories. Proceedings of the XIX inter-republican scientific and practical conference]. Krasnodar: KubGU, 2006. P. 118. (In Russ.). EDN: SYKEWV

10. Kamenev O.Yu. Effect of toxic substances on the survival of newborn and mature medicinal leeches. *Works of the Kuban state agrarian university*. 2008;1(10):134–137. (In Russ.). EDN: JUGTZ

Сведения об авторах

Кожаева Джульетта Каральбиевна – доктор биологических наук, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2422-6775

Кеккезов Алим Ахматович – студент специальности 36.05.01 Ветеринария, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Information about the authors

Julietta K. Kozhaeva – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Animal Science of Veterinary and Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2422-6775

Alim A. Kekkeзов – student of specialty 36.05.01 Veterinary Medicine, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 18.10.2024;
одобрена после рецензирования 06.11.2024;
принята к публикации 15.11.2024.*

*The article was submitted 18.10.2024;
approved after reviewing 06.11.2024;
accepted for publication 15.11.2024.*

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО
AGRONOMY, FORESTY AND WATER MANAGEMENT

Общее земледелие и растениеводство
General Farming and Crop Production

Научная статья
УДК 633.15:631.81.095.337(470.64)
doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-14-22

**Воздействие кремнийсодержащих препаратов на продуктивность
кукурузы в условиях Кабардино-Балкарской Республики**

Юрий Мухамедович Шогенов

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1 в, Нальчик, Россия, 360030
yshogenov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6453-8059>

Аннотация. В статье приведены результаты исследований, проведенных в 2021-2023 гг. на посевах гибрида кукурузы Родник 180 СВ. Цель исследования – изучить особенности формирования продуктивности раннеспелого гибрида в зависимости от внекорневой обработки препаратами, содержащих кремний, в разные сроки вегетации на черноземе выщелоченном в предгорной зоне Кабардино-Балкарии. Некорневое внесение кремнийсодержащих препаратов проводилось три раза – в фазу 5-6 листьев, 8-9 листьев и двойная обработка 5-6 + 8-9 листьев. В ходе полевых исследований установлено, что при листовой обработке препаратами с кремнием увеличивается число початков на 100 растений при применении Келик Калий+Кремний на 15,0-17,6%, НаноКремний на 13,3-21,9% и Микровит-6 Кремний на 18,3-18,5%, а также длина початка в пределах 14,7-28,3%, масса зерна с початка 14,2-26,6% и выход зерна с початка на 2,8-6,1%. Обработка гибрида кукурузы Родник 180 СВ препаратами НаноКремний (двукратная обработка в фазы 5-6 и 8-9 листьев) и Микровит-6 Кремний (однократная в фазу 5-6 листьев) позволила в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики ежегодно получать увеличение урожайности до 1,6-2,7 т/га зерна с высокими урожайными свойствами.

Ключевые слова: гибрид кукурузы, число початков на 100 растений, длина початка, число зерен в початке, масса зерна с 1 початка, выход зерна с початка, урожайность, продуктивность, кремний

Для цитирования. Шогенов Ю. М. Воздействие кремнийсодержащих препаратов на продуктивность кукурузы в условиях Кабардино-Балкарской Республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 14–22.
doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-14-22

Original article

**The Impact of Silicon-containing Preparations on Corn Productivity
in the Kabardino-Balkarian Republic**

Yuri Mukhamedovich Shogenov

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030
yshogenov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6453-8059>

Abstract. The article presents the results of research conducted in 2021-2023 on the Rodnik 180 SV hybrid corn crops. The purpose of the study is to study the features of the formation of the productivity of the early-ripening hybrid depending on foliar treatment with silicon-containing preparations at different stages of vegetation on leached chernozem in the foothill zone of Kabardino-Balkaria. Foliar application of silicon-containing preparations was carried out three times – in the phase of 5-6 leaves, 8-9 leaves and double treatment 5-6 + 8-9 leaves. During field studies it was established that foliar treatment with silicon-containing preparations increases the number of cobs per 100 plants when using Kelik Potassium + Silicon by 15.0-17.6%, NanoSilicon by 13.3-21.9% and Microvit-6 Silicon by 18.3-18.5%, as well as the length of the cob within 14.7-28.3%, the weight of grain per cob by 14.2-26.6% and the yield of grain per cob by 2.8-6.1%. Treatment of the Rodnik 180 SV corn hybrid with NanoSilicon (double treatment in the 5-6 and 8-9 leaf phases) and Microvit-6 Silicon (single treatment in the 5-6 leaf phase) preparations allowed, in the conditions of the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic, to increase annually the yield to 1.6-2.7 t/ha of grain with high yield properties.

Keywords: corn hybrid, number of ears per 100 plants, length of the cob, number of grains in the cob, grain weight from 1 cob, grain yield from the cob, yield, productivity, silicon

For citation. Shogenov Yu.M. The Impact of Silicon-containing Preparations on Corn Productivity in the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):14–22. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-14-22

Введение. В современных агрономических практиках важным направлением является поиск методов, ведущих к увеличению продуктивности агроэкосистем. В этом контексте особое внимание уделяется использованию различных экологически безопасных средств обработки растений, которые способствуют их росту и развитию, повышая при этом урожайность и устойчивость к неблагоприятным условиям. Один из возможных подходов к решению этой проблемы заключается в применении кремнийсодержащих веществ [1].

Кремний как элемент, обладающий биофильными свойствами, благотворно влияет на физиологические и биохимические процессы в культурных растениях, повышая как индивидуальную продуктивность, так и валовые сборы. Он ускоряет обмен веществ, в частности азота и фосфора в тканях, повышает содержание бора и остальных микроэлементов в растительных клетках и уменьшает содержание тяжелых металлов в растительной продукции [2–6].

Фотосинтетическая активность растений напрямую зависит от содержания кремния в тканях, а также роста листовой поверхности, утолщения стенок растительных клеток и увеличения биосинтеза пигментов, что уменьшает риск поражения растений болезнями и вредителями, особенно в условиях стресса [7–11].

Оптимизация кремниевого питания действительно играет важную роль в повышении эффективности фотосинтеза и активности корневой системы растений [1, 6]. Применение кремнийсодержащих препаратов, особенно тех, которые содержат наночастицы, значительно улучшает усвоение питательных элементов растениями, что является важным аспектом для агропромышленного комплекса [12–14].

В Пензенской области за период 2018-2019 гг. проведены полевые опыты с ранне-спелым гибридом кукурузы по изучению влияния препаратов с кремнием при различных сроках некорневой обработки. Было установлено, что фолиарная обработка увеличивает длину початка до 4,2 см по сравнению с контролем (без обработки). Наиболее озерненные початки находились на варианте с НаноКремнием при двухкратной обработке, где разница составляла более 26%. Другие препараты – Келик Калий + Кремний и Микровит-6 Кремний увеличили озерненность початков на 19%. Фолиарная обработка посевов кукурузы этими препаратами повышала массу зерна с початка более 26%.

Применение препарата Келик Калий + Кремний в фазах 5 и 7-8 листьев увеличивало урожайность соответственно на 2,32 и 1,56 т/га по сравнению с контролем (обработка водой).

Обработка препаратом НаноКремний в фазах 5 и 7-8 листьев также давала прирост урожая зерна соответственно на 1,62 и 1,49 т/га, при двухкратной – 2,64 т/га. Микровит-6 Кремний также давал прирост урожая до 2,28 т/га [15, 16].

Элементы нанотехнологий становятся все более актуальными в растениеводстве, так как они способствуют лучшему усвоению кремния, который растения могут поглощать не только через корни, но и через листья [17, 18]. Этот процесс особенно полезен для растений, подверженных стрессовым условиям, поскольку вегетативные органы, испытывающие наибольшее давление, получают доступ к кремнию и, как следствие, могут лучше противостоять неблагоприятным воздействиям.

Известно, что кремний усваивается через корневую систему только на 1-5%, тогда как поглощение кремния через листовую поверхность достигает 30-40%, и поэтому растет значимость применения фолиарной обработки посевов культурных растений, что значительно снижает стрессовые ситуации, испытываемые растениями во время вегетации (неблагоприятные температурные и водные режимы и т. д.).

Накопление кремния в эпидерме и проводящих тканях растений также имеет значительные преимущества, позволяя им выживать в сложных условиях. Это подтверждает актуальность использования кремнийсодержащих препаратов и дальнейших исследований в этой области для оптимизации агрономической практики. В целом большинство ученых как зарубежных, так и российских, в частности ученые КБР, изучают различные технологические приемы возделывания кукурузы с целью повышения ее продуктивности [19–24].

Цель исследования – изучить формирование продуктивности раннеспелого гибрида Родник 180 СВ в зависимости от препаратов, содержащих кремний, в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики.

Материалы, методы и объекты исследования. Полевой эксперимент проводился в 2021-2023 гг. в учебно-производственном комплексе ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова».

Полевой опыт проводился на участке с черноземом выщелоченным, по механическому составу тяжелосуглинистым, содержащим 3,3% гумуса, 0,28% общего азота, со средним содержанием подвижного фосфора и повышенным содержанием обменного калия.

Полевой опыт закладывался в четырех повторностях по общепринятой методике [25, 26], где площадь делянок составила 50 м². Дозы препаратов подбирали в соответствии с рекомендациями производителей.

Схема опыта

Фактор А: препараты

1. Без препарата (обработка водой)
2. Келик Калий + Кремний (1,5 л/га – 10% Si хелаты)
3. НаноКремний (150 г/га – 50% Si наночастицы)
4. Микровит-6 Кремний (0,5 л/га – 13% Si хелаты)

Фактор В: сроки листовой обработки

1. Фаза вегетации 5-6 листьев
2. Фаза вегетации 8-9 листьев.

Как видно из рисунка 1, кукуруза не испытывала недостатка в осадках, кроме 2022 года, когда осадков было значительно меньше в сравнении со средними многолетними данными.

Результаты исследования. Количество развитых початков на растениях является наиболее важным показателем продуктивности гибридов кукурузы. Применение препаратов, содержащих кремний, существенно оказало влияние на процесс развития генеративных органов (как метёлок, так и початков).

Как видно из таблицы 1, фолиарная обработка препаратом Келик Калий + Кремний позволила повысить число початков на 100 растений при первой обработке в фазу 5-6 листьев, где увеличение по сравнению с контролем составило 21,3 шт. или 17,6%, во второй обработке наблюдалось незначительное снижение показателей до 18,3 шт. или 15,0%, при двух обработках разница составила 21,3 шт. или 17,6% (табл. 1). Также наблюдалось увеличение числа початков на варианте НаноКремний при первой обработке 24,3 шт. или 20,1%, при второй обработке 16,2 шт. или 13,3%, при совместной составило 26,4 шт. или 21,9%.

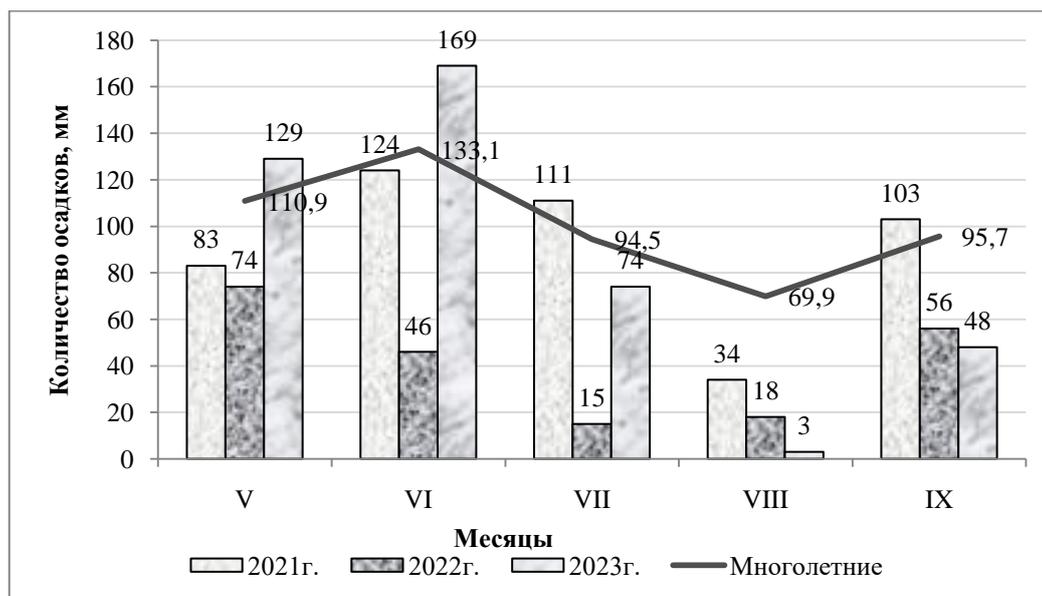


Рисунок 1. Количество осадков по месяцам вегетации кукурузы, мм
Figure 1. Amount of precipitation by months of corn vegetation, mm

Таблица 1. Элементы структуры урожайности зерна, средние значения за 2021-2023 гг.
Table 1. Elements of grain yield structure, average values indicators for 2021-2023

Вид препарата	Без препарата (обработка водой)			Келик Калий + Кремний			НаноКремний			Микровит-6 Кремний		
	5-6 листьев	8-9 листьев	5-6 листьев + 8-9 листьев	5-6 листьев	8-9 листьев	5-6 листьев + 8-9 листьев	5-6 листьев	8-9 листьев	5-6 листьев + 8-9 листьев	5-6 листьев	8-9 листьев	5-6 листьев + 8-9 листьев
Число початков на 100 растений, шт.	120,8	121,8	120,8	142,1	140,1	142,1	145,1	138	147,2	143,1	144,1	143,1
Откл. шт.	–	–	–	21,3	18,3	21,3	24,3	16,2	26,4	22,3	22,3	22,3
%	–	–	–	17,6	15,0	17,6	20,1	13,3	21,9	18,5	18,3	18,5
Длина початка, см	15	15	15,2	18,6	17,90	20	17,2	19	19,3	17,8	18	19,3
Откл., см	–	–	–	3,6	2,9	4,3	2,2	4	4,1	2,8	3	4,1
%	–	–	–	24,0	19,3	28,3	14,7	26,7	27,0	18,7	20,0	27,0
Масса зерна с початка, г	57,8	57,9	57,9	73,2	66,7	71,4	65,6	66,3	74,3	71,5	66,1	69,1
Откл., г	–	–	–	15,4	8,8	13,5	7,8	8,4	16,4	13,7	8,2	11,2
%	–	–	–	26,6	15,2	23,3	13,5	14,5	28,3	23,7	14,2	19,3
Выход зерна с початка, %	76,5	76,5	76,6	82,6	80,3	81	79,3	79,4	80,4	80,8	80,4	76,4
Откл., %	–	–	–	6,1	3,8	4,4	2,8	2,9	3,8	4,3	3,9	-0,2

При первой и последующих обработках препаратом Микровит-6 Кремний разница составила 22,3 шт. или 18,3-18,5%.

Длина початка также изменялась при обработке посевов кукурузы препаратами. Так, Келик Калий + Кремний дал прирост длины

початка 2,9-4,3 см, или 19,3-28,3%. При обработке препаратом НаноКремний в ходе полевых исследований было установлено, что длина початка увеличилась на 2,2-4,1 см или, 14,7-27,0%.

Применение препарата Микровит-6 Кремний позволило увеличить длину початка на 2,8-4,1 см или 18,7-27,0%.

Масса зерна с початка также изменялась в зависимости от применяемого препарата.

Так, Келик Калий + Кремний оказал влияние на рост массы початка в зависимости от сроков обработки на 6,0-11,4 г или 9,5-17,5%, применение НаноКремния позволило дать прирост массы початков на 2,9-13,4 г или 4,4-20,2%. Препарат Микровит-6 Кремний отличался стабильными и выровненными показателями прибавки 11,6-16,8 или 17,6-25,9%.

Показатель выхода зерна с початка также рос при обработках посевов кукурузы кремнийсодержащими препаратами.

Обработка листьев посевов кукурузы позволила увеличить выход зерна с початка: Келик Калий + Кремнием – на 4,4-6,1%, На-

ноКремнием – на 2,8-3,8%, Микровит-6 Кремнием – на 7,70-8,2%.

Подводя итоги вышесказанному, можно с уверенностью утверждать, что применение препаратов с кремнием на посевах в условиях Кабардино-Балкарской Республики позволит обеспечить рост урожайности и качества зерна кукурузы.

Установлено, что в разные годы урожайность была разной. Так, 2021 и 2023 годы были сравнительно благоприятными для гибрида кукурузы Родник 180 СВ, где на контроле (обработка водой) урожайность при первом сроке составляла 6,0-6,3 т/га, во втором сроке – 5,9-6,2 т/га и при двойной обработке – 6,1-6,4 т/га (табл. 2).

Посевы кукурузы в 2022 году оказались в очень неблагоприятных условиях (высокая температура воздуха и очень малое количество осадков во время вегетации). Несмотря на это, препараты с кремнием позволили поддержать урожайность на уровне 5,1-6,1 т/га, тогда как на контрольных вариантах эти показатели были не выше 4,0-4,2 т/га.

Таблица 2. Продуктивность кукурузы в зависимости от применения кремнийсодержащих препаратов, т/га

Table 2. Corn productivity depending on application of the use of silicon-containing preparations, t/ha

Вид препарата (фактор А)	Срок некорневой обработки (фактор В)	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Урожайность, т/га	Разница с контролем	
						т/га	%
Без препарата (обработка водой)	5-6 листьев	6,3	4,1	6,0	5,5	–	
	8-9 листьев	6,2	4,0	5,9	5,4	–	
	5-6 + 8-9 листьев	6,4	4,2	6,1	5,6	–	
Келик Калий + Кремний	5-6 листьев	8,7	5,7	8,3	7,6	2,1	38,9
	8-9 листьев	7,8	5,1	7,5	6,8	1,4	26,4
	5-6 + 8-9 листьев	8,6	5,6	8,2	7,5	1,9	25,7
Нано Кремний	5-6 листьев	7,9	5,2	7,6	6,9	1,4	25,9
	8-9 листьев	8,0	5,2	7,7	7,0	1,6	30,2
	5-6 + 8-9 листьев	9,4	6,1	9,0	8,2	2,6	47,3
Микровит-6 Кремний	5-6 листьев	9,4	6,1	9,0	8,2	2,7	50,0
	8-9 листьев	8,8	5,8	8,5	7,7	2,3	43,4
	5-6 + 8-9 листьев	9,0	5,8	8,6	7,8	2,2	40,0
НСР ₀₅ для фактора А		0,36	0,26	0,35			
НСР ₀₅ для фактора В		0,31	0,22	0,30			
НСР ₀₅ для взаимодействий		0,63	0,44	0,60			

На контрольном варианте (обработка водой) продуктивность составляла в фазу 5-6 листьев 5,5 т/га, в фазу 8-9 листьев – 5,4 т/га и в фазах 5-6 и 8-9 листьев – 5,6 т/га.

Использование препарата Келик Калий + Кремний при первой обработке дало прирост 2,1 т/га или 38,9%, во второй обработке разница составила 1,4 т/га или 26,4%, а

совместная обработка дала прибавку 1,9 т/га или 25,7%.

Первая и вторая обработка НаноКремнием дала прибавку соответственно 1,4 и 1,6 т/га или 25,9 и 30,2%. Совместная обработка способствовала росту продуктивности, и разница урожая достигла 2,6 т/га или 47,3%. Применение препарата Микровит-6 Кремний позволило увеличить урожайность до 2,2-2,7 т/га или 40,0-50,0%.

Таким образом, из таблицы 2 можно сделать вывод, что препараты НаноКремний и Микровит-6 Кремний вносят большой вклад в увеличение продуктивности гибрида кукурузы Родник 180 СВ.

Выводы. 1. Изучаемые в опыте кремнийсодержащие препараты оказали положитель-

ное влияние на рост показателей элементов структуры урожая раннеспелого гибрида Родник 180 СВ. При листовой обработке кремнийсодержащими препаратами увеличивается число початков на 100 растений: Келик Калий + Кремнием на 15,0-17,6%, НаноКремнием на 13,3-21,9% и Микровит-6 Кремнием на 18,3-18,5%, а также длина початка в пределах 14,7-28,3%, масса зерна с початка 14,2-26,6% и выход зерна с початка на 2,8-6,1%.

2. Исследование гибрида кукурузы Родник 180 СВ показало, что применение препаратов НаноКремний и Микровит-6 Кремний позволит в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской Республики ежегодно получать повышение урожайности до 1,6-2,7 т/га зерна.

Список литературы

1. Никулина Е. В., Котельникова В. А. Влияние препарата Келик Калий + Кремний на продуктивность кукурузы // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Пенза, 2022. С. 201–203. EDN: HGAYYS
2. Матыченков В. В., Бочарникова Е. А., Аммосова Я. М. Влияние кремниевых удобрений на растения и почву // Агрехимия. 2002. № 2. С. 86–93. EDN: UNBDNH
3. Терещенко Е. В. Влияние кремния на развитие кукурузы // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2011. Т. 7. № 4. С. 38–41. EDN: RKXLFD
4. Влияние оптимизации кремниевого питания на устойчивость ДНК ячменя / Е. А. Бочарникова, Е. П. Пахненко, В. В. Матыченков, И. В. Матыченков // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2014. № 2. С. 40–43. EDN: SDXLHN
5. Никулина Е. В., Гулов М., Политова М. Урожайность и качество зерна кукурузы при применении кремнийсодержащих препаратов // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Пенза, 2021. С. 79–82. EDN: XFAAZP
6. Epstein E. The anomaly of silicon in plant biology // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1994. V. 91. Pp. 11–17.
7. Epstein E. Silicon: its manifold roles in plants // Annals of Applied Biology. 2009. 155(2). Pp. 155–160.
8. Добрева Н. И., Габдрахманов И. Х., Дорожкина Л. А. Применение регуляторов роста и силипланта для повышения урожайности зерновых и снижения пестицидной нагрузки // Нива Поволжья. 2014. № 1(30). С. 42–48. EDN: SEPONZ
9. Изучение действия нанокремния на фотосинтетическую продуктивность яровой пшеницы / Н. Е. Павловская, Д. П. Бородин, А. А. Хорошилова, И. В. Яковлева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 7(153). С. 12–18. EDN: YSRLWH
10. Циркон и силиплант – антистрессовые и рострегулирующие препараты / Л. А. Дорожкина, В. А. Караваев, Л. Э. Гунар, Л. М. Поддымкина // Плодородие. 2016. № 2. С. 13–15. EDN: WBFQHX
11. Gong H.J., Zhu X.Y., Chen K.M., Wang S.M., Zhang C.L. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought // Plant Science. 2005. 169(2). Pp. 313–321.
12. Сушилини М. М., Менькина А. И. Нанотехнологии в растениеводстве и сельском хозяйстве // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2011. № 3(11). С. 42–44. EDN: OFSKON
13. Gumilar T.A., Prihastanti E., Haryanti S. Utilization of Waste Silica and Chitosan as Fertilizer Nano Chisil to Improve Corn Production in Indonesia. International Workshop on Intelligent Information Technology. 2017. V. 23. Is. 3. Pp. 2447–2449. DOI: 10.1166/ASL.2017.8732

14. Повышение продуктивности и качества озимой пшеницы при применении комплексных минеральных удобрений / А. Ю. Левкина, А. П. Солодовников, А. С. Линьков, С. С. Алексенко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 3(35). С. 110–122. DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-110-122. EDN: EUVIZS
15. Семина С. А., Гаврюшина И. В., Никулина Е. В. Влияние кремнийсодержащих препаратов на формирование урожайности зерна кукурузы // Агрохимический вестник. 2020. № 4. С. 62–66. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10057. EDN: ALEECH
16. Семина С. А., Гаврюшина И. В., Никулина Е. В. Влияние препаратов с кремнием на формирование урожайности кукурузы // Нива Поволжья. 2020. № 1(54). С.9–14. DOI: 10.36461/NP.2020.54.1.002. EDN: KKQPTM
17. Логинов С. В., Петриченко В. Н. Изучение кремнийорганического препарата Энергия-М // Агрохимический вестник. 2010. № 2. С. 22–23. EDN: MSPMBV
18. Петриченко В. Н., Туркина О. С. Изучение регуляторов роста растений и микроудобрений при выращивании столовых корнеплодов // Агрохимический вестник. 2013. № 3. С. 28–30. EDN: RRWIBJ
19. Шогенов Ю. М., Кишев А. Ю., Бозиев А. Л. Эффективность применения удобрений под кукурузу в условиях предгорной и степной зон Кабардино-Балкарии // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 1(43). С. 7–16. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-7-16. EDN: CBDMMZ
20. Кишев А. Ю., Ханиева И. М., Бозиев А. Л. Урожайность гибридов кукурузы в зависимости от применения послевсходового гербицида в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 4 (34). С. 6–14. EDN: ZCPUNL
21. Эффективность применения микроудобрений на посевах кукурузы в условиях КБР / А. Л. Бозиев, К. М. Кашева, А. Н. Джуртубаев, Т. А. Коков // Развитие современной аграрной науки: актуальные вопросы, достижения и инновации»: Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти заслуженного деятеля науки РСФСР, доктора сельскохозяйственных наук, профессора П. Г. Лучкова. Часть I. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2024. С. 32–37.
22. Бозиев А. Л., Ногмов Х. Т., Кашева К. З., Аширбеков М. Ж. Повышение продуктивности и качества зерна гибрида кукурузы в зависимости от применения микроудобрений // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 2(44). С. 16–24. DOI: 10.55196/2411-3492-2024-2-44-16-24
23. Урожайность и качество кукурузы в зависимости от обеспеченности элементами минерального питания / А. Ю. Кишев, М. И. Малкандуева, А. Л. Бозиев, В. М. Амхадов // Развитие современной аграрной науки: актуальные вопросы, достижения и инновации. Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти заслуженного деятеля науки РСФСР, доктора сельскохозяйственных наук, профессора П. Г. Лучкова. Часть I. Нальчик: ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2024. С. 98–102.
24. Совместные посевы кукурузы и сои в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской республики / И. М. Ханиева, Ю. М. Шогенов, А. Л. Бозиев, Т. М. Чапаев, Р. А. Тиев, А. Н. Джуртубаев // International Agricultural Journal. 2023. Т. 66. № 5. DOI: 10.55186/25876740_2023_7_5_10. EDN: NYZMVV
25. Доспехов Б. А. Методика опытного дела (с основами статистической обработки результатов). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
26. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой / М-во сел. хоз-ва СССР, ВАСХНИЛ, ВНИИ кукурузы; [Сост. чл.-кор. ВАСХНИЛ Д. С. Филев и др.]. Днепропетровск: Б. и., 1980. 54 с.

References

1. Nikulina E.V., Kotelnikova V.A. The effect of the preparation Kelik Potassium + Silicon on the productivity of corn. *Innovatsionnyye idei molodykh issledovateley dlya agropromyshlennogo kompleksa: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex: collection of materials of the International scientific and practical conference]. Penza, 2022. Pp. 201–203. (In Russ.). EDN: HGAYYS
2. Matychenkov V.V., Bocharnikova E.A., Ammosova Ya.M. Effect of silicon fertilizers on plants and soil. *Agricultural Chemistry*. 2002;(2):86–93. (In Russ.). EDN: UNBDNH
3. Tereschenko E.V. Influence of silicon on maize development. *The North Caucasus ecological herald*. 2011;7(4):38–41. (In Russ.). EDN: RKXLFD

4. Bocharnikova E.A., Pakhnenko E.P., Matychenkov V.V., Matychenkov I.V. Increasing DNA stability of barley plants under optimization of silicon nutrition. *Bulletin of Moscow University. Series 17. Soil Science*. 2014;(2):40–43. (In Russ.). EDN: SDXLHH
5. Nikulina E.V., Gulov M., Politova M. Corn grain yield and quality when using silicon-containing preparations. *Innovatsionnyye idei molodykh issledovateley dlya agropromyshlennogo kompleksa: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex: collection of materials of the International scientific and practical conference]. Penza, 2021. Pp. 79–82. (In Russ.). EDN: XFAAZP
6. Epstein E. The anomaly of silicon in plant biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1994;91:11–17.
7. Epstein E. Silicon: its manifold roles in plants. *Annals of Applied Biology*. 2009;155(2):155–160.
8. Dobrova N.I., Gabdrakhmanov I.Kh., Dorozhkina L.A. Application of growth regulators and siliplant for increasing productivity of grain and reducing pesticide load. *Niva Povolzhya*. 2014;1(30):42–48. (In Russ.). EDN: SEPONZ
9. Pavlovskaya N.E., Borodin D.P., Khoroshilova A.A., Yakovleva I.V. Effect of nano-silicon on spring wheat phytosynthetic productivity. *Bulletin of Altai state agricultural university*. 2017;7(153):12–18. (In Russ.). EDN: YSRLWH
10. Dorozhkina L.A., Karavaev V.A., Gunar L.E., Poddymkina L.M. Circon and Silipant as anti-stress and growth-regulating preparations. *Plodorodie*. 2016;(2):13–15. (In Russ.). EDN: WBFQHX
11. Gong H.J., Zhu X.Y., Chen K.M., Wang S.M., Zhang C.L., Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science*. 2005;169(2):313–321.
12. Sushilina M.M., Mon'kina A.I. Nanotechnologies are in a plant – growing and food industry. *Herald of Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev*. 2011;3(11):42–44. (In Russ.). EDN: OFSKON
13. Gumilar T.A., Prihastanti E., Haryanti S. Utilization of Waste Silica and Chitosan as Fertilizer Nano Chisil to Improve Corn Production in Indonesia. International Workshop on Intelligent Information Technology, 2017;23(3):2447–2449. DOI:10.1166/ASL.2017.8732
14. Levkina A.Yu., Solodovnikov A.P., Linkov A.S., Aleksenko S.S. Increasing winter wheat productivity and quality by complex mineral fertilizers application. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*. 2019;3(35):110–122. (In Russ.). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-110-122. EDN: EUVIZS
15. Semina S.A., Gavryushina I.V., Nikulina E.V. Influence of silicon-containing drugs on the formation of corn grain yield. *Agrochem herald*. 2020;(4):62–66. (In Russ.). DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10057. EDN: ALEECH
16. Semina S.A., Gavryushina I.V., Nikulina E.V. Effect of silicon containing products on formation of corn yield. *Niva Povolzhya*. 2020;1(54):9–14. (In Russ.). DOI: 10.36461/NP.2020.54.1.002. EDN: KKQPTM
17. Loginov S.V., Petrichenko V.N. Research of organosilicic preparation Energy-M. *Agrochem herald*. 2010;(2):22–23. (In Russ.). EDN: MSPMBB
18. Petrichenko V.N., Turkina O.S. Study of plant growth regulators and microfertilizers in growing table root crops. *Agrochem herald*. 2013;(3):28–30. (In Russ.). EDN: RRWIBJ
19. Shogenov Yu.M., Kisev A.Yu., Boziev A.L. Efficiency of application of fertilizers for corn in the conditions of foothill and steppe zones of Kabardino-Balkaria. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2024;1(43):7–16. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2024-1-43-7-16. EDN: CBDMMZ
20. Kisev A.Y., Khanieva I.M., Boziev A.L. The yield of corn hybrids depending on the use of a postemergence herbicide in the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021; 4 (34): 6–14. (In Russ.). EDN: ZCPUNL
21. Boziev A.L., Kasheva K.M., Dzhurtubaev A.N., Kokov T.A. Efficiency of using micronutrient fertilizers on corn crops in the KBR conditions. *Razvitiye sovremennoy agrarnoy nauki: aktual'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya pamyati zaslužennogo deyatelya nauki RSFSR, doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk, professora P. G. Luchkova. Chast' I* [Development of modern agricultural science: current issues, achievements and innovations. International scientific and practical conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the RSFSR, Doctor of Agricultural Sciences, Professor P.G. Luchkov. Part I]. Nalchik: FGBOU VO Kabardino-Balkarskiy GAU, 2024. Pp. 32–37.
22. Boziev A.L., Nogmov Kh.T., Kasheva K.Z., Ashirbekov M.Zh. Increasing the productivity and grain quality of hybrid corn depending on the use of microfertilizers. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State*

Agrarian University named after V.M. Kokov. 2024;2(44):16–24. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2024-2-44-16-24.

23. Kisev A.Yu., Malkandueva M.I., Boziev A.L., Amkhadov V.M. Yield and quality of corn depending on element supply mineral nutrition. *Razvitiye sovremennoy agrarnoy nauki: aktual'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii // Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya pamyati zaslužhennogo deyatelya nauki RSFSR, doktora sel'skokhozyaystvennykh nauk, professora P. G. Luchkova. Chast' I* [Development of modern agricultural science: current issues, achievements and innovations. International scientific and practical conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the RSFSR, Doctor of Agricultural Sciences, Professor P.G. Luchkov. Part I]. Nalchik: FGBOU VO Kabardino-Balkarskiy GAU, 2024. С. 98–102. (In Russ.)

24. Khanieva I.M., Shogenov Yu.M., Boziev A.L., Chapaev T.M., Tiev R.A., Dzhurtubaev A.N. Joint cropping of corn and soybean in the conditions of the footdown zone of the Kabardino-Balkarian Republic. *International Agricultural Journal.* 2023;66(5). (In Russ.). DOI: 10.55186/25876740_2023_7_5_10. EDN: NYZMVV

25. Dospikhov B.A. *Metodika opytного dela (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov)*. [Methodology of experimental work (with the basics of statistical processing of results)]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

26. *Metodicheskiye rekomendatsii po provedeniyu polevykh opytov s kukuruzoy. M-vo sel. khoz-va SSSR, VASKHNIL, VNII kukuruzy. Sost. chl.-kor. VASKHNIL D.S. Filev i dr.* [Methodological recommendations for conducting field experiments with corn. USSR Agricultural Association, All-Union Academy of Agricultural Sciences, All-Union Research Institute of Corn. Compiled by Corresponding Member of All-Union Academy of Agricultural Sciences D.S. Filev et al.]. Dnepropetrovsk: B. i., 1980. 54 p.

Сведения об авторе

Шогенов Юрий Мухамедович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5840-7710

Information about the author

Yuri M. Shogenov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 5840-7710

*Статья поступила в редакцию 13.11.2024;
одобрена после рецензирования 02.12.2024;
принята к публикации 12.12.2024.*

*The article was submitted 13.11.2024;
approved after reviewing 02.12.2024;
accepted for publication 12.12.2024.*

Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные травы
Horticulture, Vegetable Growing, Viticulture and Medicinal Crops

Научная статья
УДК 634.737:632.954(470.64)
doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-23-30

**Оптимизация технологии выращивания голубики высокорослой
при применении гербицидов в условиях Кабардино-Балкарии**

Елена Михайловна Егорова^{✉1}, Фариди Даутовна Таумурзаева²

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}conf200606@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0002-9559-4608>

²taumurzayeva@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований, проведённых в 2023-2024 годах на насаждениях голубики высокорослой в ООО «Юг Агро» КБР. Технология культивирования предполагает размещение растений на грядах и искусственное залужение междурядий смесями многолетних трав. В целях снижения конкурентного потенциала сорной растительности, в приствольной полосе применяется контактный гербицид Мегатолис. Ввиду неровности рельефа, отсутствия идеальных погодных условий в период гербицидной обработки, часто возникает снос препарата на культурные растения. Это сопровождается торможением роста, уменьшением площади листовой поверхности и угнетением растений голубики. Цель исследования – изучить влияние некорневого внесения регуляторов роста Фитактив Экстра (0,05%) и Аминозол (0,5%) для уменьшения токсического действия гербицидов, применяемых в приствольных полосах. Испытывались три срока применения: профилактически (за 3 дня до работы десикантом), на следующий день после работы десикантом и комбинированно (и до, и после работы десикантом). В результате исследования доказана достоверная эффективность защитного действия обоих препаратов при некорневом применении их на следующий день после десиканта. В среднем за два года исследований установлено, что в этом случае уменьшение площади листьев, образующихся непосредственно после работы десикантом, составляет 0,6-0,7 см² (10-12%). При этом такое уменьшение без защиты достигает 40%. Аналогично действие и на другие показатели роста. Профилактическое применение регуляторов роста не оказало существенного защитного действия, а двукратное – не существенно лучше однократного после десиканта, и поэтому не целесообразно.

Ключевые слова: голубика, гербицид, Фитактив Экстра, Аминозол, лист, стресс, междурядные обработки

Для цитирования. Егорова Е. М., Таумурзаева Ф. Д. Оптимизация технологии выращивания голубики высокорослой при применении гербицидов в условиях Кабардино-Балкарии // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 23–30. doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-23-30

Original article

**Optimization of the Technology of Growing Tall Blueberries
when Using Herbicides in Kabardino-Balkaria**

Elena M. Egorova^{✉1}, Farida D. Taumurzayeva²

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030

^{✉1}conf200606@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0002-9559-4608>

²taumurzayeva@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies conducted in 2023-2024 on highbush blueberry plantations at Yug Agro LLC, KBR. The cultivation technology involves placing plants on ridges and artificially sodding the row spacing with mixtures of perennial grasses. In order to reduce the competitive potential of weeds, the contact herbicide Megapolis is used in the near-trunk strip. Due to the uneven terrain and the lack of ideal weather conditions during herbicide treatment, the product often drifts onto cultivated plants. This is accompanied by growth inhibition, a decrease in leaf surface area, and suppression of blueberry plants. The purpose of the study is to study the effect of foliar application of the growth regulators Fitaktiv Extra (0.05%) and Aminoazol (0.5%) to reduce the toxic effect of herbicides used in the near-trunk strips. Three application periods were tested: prophylactically (3 days before working with a desiccant), the day after working with a desiccant, and combined (both before and after working with a desiccant). The study proved the reliable effectiveness of the protective effect of both preparations when applied foliarly the day after the desiccant. On average, over two years of research, it was found that in this case, the decrease in the area of leaves formed immediately after working with a desiccant is 0.6-0.7 cm² (10-12%). At the same time, such a decrease without protection reaches 40%. The effect on other growth indicators is similar. Prophylactic use of growth regulators have not had a significant protective effect, and double is not significantly better than a single application after desiccant, and therefore is not advisable.

Keywords: blueberry, herbicide, Fitaktiv extra, Avinosol, leaf, stress, inter-row treatments

For citation. Egorova E.M., Taumurzayeva F.D. Optimization of the Technology of Growing Tall Blueberries when Using Herbicides in Kabardino-Balkaria. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):23–30. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-23-30

Введение. За последние годы в нашей стране улучшилось материальное состояние населения, что привело к появлению спроса на неспецифические для региона продукты питания. Одним из таких продуктов являются ягоды голубики, которые содержат ряд ценных биологически активных соединений [1]. Расширение ассортимента продукции с использованием голубики высокорослой позволит повысить пищевую и биологическую ценность рационов питания [2–4].

Ввиду повышения спроса среди населения на свежую ягоду голубики, некоторые хозяйства, ориентируясь на состояние рынка, начинают культивировать это растение. Создав благоприятные условия для роста ацидофильного растения, срок эксплуатации культуры может быть увеличен до 50 лет и более [5].

Одним из основных факторов, обеспечивающих высокую продуктивность голубики, является соответствующее требованиям культивируемых растений содержание почвы в процессе возделывания. Технология культивирования голубики высокорослой в целях снижения конкурентного потенциала сорной растительности включает периодическое применение в приствольной полосе контактного гербицида. Ввиду неровности рельефа, отсутствия идеальных погодных условий в

период гербицидной обработки часто возникает снос препарата на культурные растения. Это сопровождается торможением роста, уменьшением площади листовой поверхности и угнетением растений голубики.

Целью данной работы является изучение влияния препаратов Фитактив Экстра и Аминозол на снижение токсического действия гербицида, применяемого в приствольных полосах; стимулирование роста растений, подвергшихся гербицидному стрессу.

Материалы, методы и объекты исследования. Закладка опытов, наблюдения и учеты выполнялись по методике, принятой в агрономии [6].

Опыт закладывался по следующей схеме:

1. Контроль 1 – без гербицидной и стимулирующей обработки
2. Контроль 2 – без обработки антистрессантом на гербицидном фоне
3. Фитактив до гербицида
4. Фитактив после гербицида
5. Фитактив до и после гербицида
6. Аминозол до гербицида
7. Аминозол после гербицида
8. Аминозол до и после гербицида

После закладки опыта проводился учет параметров роста растений голубики. Оценивались:

- Длина междузлий
- Площадь верхнего сформированного листа
- Общая площадь листовой поверхности растения

- Листовой индекс

Измерения производились через неделю после работы гербицидом, когда листья и междузлия, начинающие рост во время этой обработки, полностью сформируются.

Полученные данные обрабатывались методом математического анализа по Доспехову Б. А. с применением ПК [6, 7].

Площадь листовой пластинки определяли методом палетки [7].

Экспериментальная база. Исследования проводились в течение двух последовательных лет – весенне-летних сезонов (2023-2024 гг.) в условиях ООО «Юг Агро», расположенной в предгорной зоне КБР (г. Нальчик, КБР), на растениях голубики высокорослой 2022 года посадки.

Основными почвами хозяйства являются черноземы обыкновенные [8, 9]. Почвообразующая порода представлена древнеаллювиальными отложениями. Профиль этих почв сложен из гумусового горизонта А черно-серого цвета, зернистой структуры, слабоуплотненного сложения, горизонта АВ_{ca} темно-окрашенного, ореховато-зернистой структуры, уплотненного тонкопористого сложения с карбонатной плесенью, горизонта В_{ca} серовато-бурого, комковато-ореховатой структуры с обилием карбонатной плесени, горизонта ВС_{ca} буровато-палевого, рыхлого, крупнокомковатого с наличием белоглазки. Мощность пахотного слоя достигает 30 см, гумусового профиля 59 см. Гранулометрический состав среднесуглинистый. Преобладающими фракциями являются мелкий песок и ил. Содержание гумуса 3,2%, рН – 7,6.

Гранулометрический состав участка, отведенного под выращивание голубики высокорослой – средний суглинок с объёмной массой 1,3-1,35 кг/м³.

Междурядья содержат под искусственным залужением (рис. 1). Данный элемент агротехники защищает почву от эрозии, обеспечивает удобную работу для техники во влажные периоды. Кроме этого, это обеспечивает комфортные условия для работников.

Технология выращивания культурных растений, в том числе и голубики, предполагает снижение конкурентного потенциала сорной растительности. Одним из важных приемов является использование контактных гербицидов или десикантов, которые ограничивают рост нежелательной растительности, приводят к снижению конкуренции между культивируемыми растениями и сорняками¹.



Рисунок 1. Искусственное залужение междурядий в посадке голубики высокорослой
Figure 1. Artificial row spacing in the planting of tall blueberries

Частичное попадание гербицида на культурные растения оказывает на них существенное фитотоксическое действие, которое необходимо нивелировать. В основе устойчивости к стрессовым факторам важную роль играют аминокислоты валин и пролин [10]. Мы изучали препараты, которые по заявлению производителей, оказывают стимулирующее воздействие на растения и повышают антистрессовую активность.

В качестве контактного гербицида хозяйство ООО «Юг Агро» применяет препарат Метгалис (д. в. Глюфосината аммония 150 г/л).

Глюфосинат аммония в сельскохозяйственном производстве используется в качестве десиканта. Эффективность препарата проявляется сразу же после обработки. Гербицидный эффект становится заметен через 2 недели. В зависимости от степени засорен-

¹«Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов», разрешённых к применению на территории Российской Федерации. Часть I. Пестициды. По состоянию на 01.02.2024 года. Москва. 2024.

ности приствольной полосы дозировка препарата Мегаполис составляет 2,5-3 л на 100 литров воды. Для усиления фитотоксичности для сорной растительности в баковую смесь также добавляют около 3 кг аммиачной селитры. В течение сезона возможно до 8 гербицидных обработок.

В качестве исследуемых препаратов с антистрессовой активностью мы рассматриваем Фитактив Экстра (Fitaktiv Extra) и Аминозол.

Фитактив Экстра (Fitaktiv Extra) – эффективный стимулятор роста – способствует наращиванию корневой системы благодаря содержанию ауксин-фуллеренового комплекса, витаминов и аминокислот. Из-за наличия аминокислот препарат может быть применен в стрессовых условиях¹.

Аминозол способствует восстановлению жизнеспособности обработанных растений в случае стресса, вызванного экстремальными климатическими условиями или гербицидами. Кроме того, в составе имеются микроэлементы в доступной для растений хелатной форме².

Результаты исследования. Согласно технологии выращивания голубики в данном хозяйстве, приствольная полоса подвергается гербицидным обработкам до 8 раз за сезон (с периодичностью через 2-3 недели по мере возобновления роста сорной растительности). Не исключается и случайный снос десиканта на культурные растения, что приводит к нежелательной фитотоксичности, а иногда и отмиранию побегов, подвергшихся попаданию гербицида (рис. 2).

В качестве препаратов, снижающих фитотоксичность и увеличивающих антистрессовую активность, использовались Аминозол в дозировке 50 мл/10 л воды и Фитактив Экстра 5 мл/10 л воды.

При проведении опыта препараты вносились распылением на поверхность растений голубики в нескольких вариантах:

1. Профилактически – за 3 дня до десиканта.

¹Стимуляторы роста: сайт [Электронный ресурс]. URL. https://fitaktiv.shop/catalog/stimulatory_rosta/extra/ (дата обращения 05.09.2022)

²Lebosol: сайт [Электронный ресурс]. URL. <https://www.lebosol.de/ru/bioudobrenija/aminosol> (дата обращения 07.09.2022)



Рисунок 2. Побеги 2-го порядка до обработок (слева) и на гербицидном фоне (справа)

Figure 2. Shoots of the 2nd order before treatments (left) and on a herbicidal background (right)

2. На следующий день после применения десиканта.

3. За 3 дня до десиканта + на следующий день после десиканта.

Результаты исследования приведены в таблице 1.

Нашим исследованием установлено, что листья голубики, формирующиеся непосредственно в период обработки междурядий гербицидом, существенно уменьшаются, а длина междоузлий укорачивается. Через неделю после гербицидной обработки междурядий в контроле 2 (без защиты антистрессовыми препаратами) сформировалось в среднем 4,1 см² листовой поверхности, что почти в 1,4 раза меньше, чем на аналогичном участке без гербицидной и стимулирующей обработки (5,7 см²) (контроль 1). То есть, предусмотренные технологией культивирования голубики высокорослой обработки сорной растительности гербицидом оказывают существенный побочный отрицательный эффект на текущее формирование ассимиляционного аппарата, а значит и на продуктивность растений. Это, однозначно, вызывает необходимость защиты изучаемой культуры.

Данные по защитному действию препаратов Фитактива и Аминозола, приведенные в таблице, показывают, что применение их до внесения гербицида (с профилактической целью) не существенно улучшает последующее состояние голубики и не может считаться эффективным.

Таблица 1. Влияние Аминозола и Фитактива на рост растений голубики высокорослой после применения гербицида в междурядьях
Table 1. The effect of the studied drugs on the growth of tall blueberry plants after the application of the herbicide

Варианты опыта	Показатели			
	площадь верхнего сформиро- ванного листа, см ²	площадь листьев на кусте, дм ²	листовой индекс	длина верхнего междоуз- лия, см
1. Без обработки гербицидом (контроль 1)	5,7	58,5	1,39	1,1
2. Обработка гербицидом без защиты анти- стрессовыми препаратами (контроль 2)	4,1	42,1	1,0	0,5
3. Фитактив до гербицида	4,3	44,1	1,05	0,5
4. Фитактив после гербицида	5,0	51,3	1,22	0,7
5. Фитактив до и после гербицида	5,2	53,4	1,27	0,7
6. Аминозол до гербицида	4,3	44,1	1,05	0,6
7. Аминозол после гербицида	5,1	52,3	1,25	0,7
8. Аминозол до и после гербицида	5,3	54,4	1,3	0,7
НСР ₀₅	0,8	8,2	0,19	0,14

Обработка культурных растений любым из изучаемых препаратов после обработки гербицидом (варианты 4 и 7) достоверно уменьшает токсическое действие гербицида. Так, на фоне применения Фитактива сформировался верхний лист площадью 5,0 см², что в 1,22 раза больше, чем без защиты. Уменьшение площади листа по сравнению с растениями на участке без гербицидной обработки, тем не менее, отмечается, хотя и не существенно (0,7 см² при НСР₀₅=0,8 см²).

Применение Аминозола в качестве антистрессового препарата после гербицидной обработки оказало аналогичное действие (площадь листовой пластинки, сформированной на фоне защиты голубики Аминозолом, 5,1 см²). Различие в степени защитного действия Фитактива и Аминозола не существенно.

Таким образом, применение Фитактива или Аминозола с целью преодоления токсического действия борьбы с сорняками на 22-24% улучшает состояние голубики, а именно, формирование ассимиляционного аппарата, и почти полностью нивелирует этот побочный эффект планового применения гербицида.

В ходе исследований нами также изучалась эффективность двукратной защиты растений голубики: и до, и после работы гербицидом (варианты 5 и 8). Установлено, что двукратный способ защиты несколько эф-

фективнее, но не существенен, по сравнению с однократной обработкой только после гербицида (на 0,2 см² при НСР₀₅ 0,8 см²). Так, на фоне Аминозола, примененного дважды, этот показатель является самым лучшим 5,3 см², что в 1,29 раз больше беззащитной гербицидной обработки. Однако площадь листьев на фоне однократного применения этого препарата меньше всего на 4%, что не существенно. Аналогичные результаты и при двукратном использовании Фитактива.

Таким образом, обработка голубики высокорослой антистрессовыми препаратами до работы гербицидом не обеспечивает ни самостоятельный, ни дополнительный существенный защитный эффект. А применение изучаемых антистрессовых препаратов после работы гербицидом (варианты 4 и 7) является наиболее приемлемым, так как в достаточной мере предотвращает уменьшение площади листовой поверхности культуры.

Аналогичное влияние обработка изучаемыми препаратами оказала на площадь ассимиляционного аппарата растения голубики высокорослой в целом и на листовый индекс.

Борьба с сорной растительностью в насаждениях голубики высокорослой с помощью гербицида оказывает токсическое воздействие не только на рост листьев, но и на длину междоузлий. Причем, если площадь листьев

при попадании на растения гербицида уменьшается в 1,4 раза, то длина междоузлий становится короче более чем вдвое. Чрезмерное укорачивание расстояния между листьями меняет габитус растений, негативно влияет на световой режим для листьев, расположенных внутри куста. Применение обоих препаратов до работы гербицидом аналогично влиянию на рост листовых пластинок, то есть не существенно при однократном использовании и не существенно улучшает результат применения защиты после гербицида.

Использование антистрессовых препаратов после работы гербицидом в большой степени снижает его токсическое действие на длину междоузлий: укорачивание их на фоне

защиты Фитактивом или Аминозолом на 40% меньше, чем без защиты.

Выводы. Если при культивировании голубики высокорослой борьба с сорной растительностью в междурядьях осуществляется путем применения гербицида Мегатоплис (д. в. Глюфосината аммония 150 г/л), то в силу ряда причин он оказывает существенное побочное токсическое действие на растения голубики. Достоверно нивелирует фитотоксическое действие гербицида однократная листовая подкормка растений антистрессовыми препаратами Фитактив или Аминозол после каждого применения гербицида в междурядьях культуры.

Список литературы

1. Курлович Т. В. Брусника, голубика, клюква, черника. Москва: Издательский Дом МСП, 2005. 128с. EDN: QKWURT
2. Пинчукова Ю. М., Масанский С. Л. Пищевая ценность плодов голубики // Голубиководство в Беларуси: итоги и перспективы: материалы Республиканской научно-практической конференции. Национальная академия наук Беларуси; Центральный ботанический сад. Минск: Изд-во Конфидо, 2012. С. 45–48. EDN: YOZCNA
3. Величко Н. А., Берикашвили З. Н. Исследование химического состава ягод голубики обыкновенной и разработка рецептур напитков на ее основе // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 7. С.126–131. EDN: WCYKQZ
4. Савицкая Т. С. Ягоды голубики, как источник биологически активных веществ в продуктах функциональной направленности // Использование современных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Пос. Персиановский, 2017. С. 130–134. EDN: ZGZVIJ
5. Павловский Н. Б. Возделывание голубики высокорослой // Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала: сборник отраслевых регламентов / Нац. Акад. Наук Беларуси. Ин-т систем. Исслед. В АПК НАН Беларуси; рук. Разраб.: В. Г. Гусаков [и др.] Минск: Белорусская наука, 2010. С. 375–393. EDN: TWJHPE
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Книга по требованию, 2012. 352 с.
7. Биометрия в MS Excel: учебное пособие / Е. Я. Лебедевко, А. М. Хохлов, Д. И. Барановский, О. М. Гетманец Санкт-Петербург: Изд-во Лань, 2018. 172 с. EDN: XQASDZ
8. Кереев К. Н., Фиашев Б. Х., Федорова С. И. Черноземы Кабардино-Балкарии. Природа Кабардино-Балкарии и ее охрана. Выпуск 2. 1969.
9. Кереев К. Н., Фиашев Б. Х. Почвенные районы КБАССР и их сельскохозяйственное использование. Нальчик, 1977. 144 с.
10. Новый препарат для стимуляции иммунитета и повышения продуктивности растений / В. Т. Алехин, Т. А. Рябчинская, И. Ю. Бобрешова [и др.] // Защита и карантин растений. 2010. №. 3. С. 44-45. EDN: KZXYWZ

References

1. Kurlovich T.V. *Brusnika, golubika, klyukva, chernika* Lingonberry, blueberry, cranberry, bilberry. Moscow: Izdatel'skiy Dom MSP, 2005. 128 p. (In Russ.). EDN: QKWURT

2. Pinchukova Yu.M., Masansky S.L. Nutritional value of blueberry fruits. *Golubikovodstvo v Belarusi: itogi I perspektivy: materialy Respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. Natsional'naya akademiya nauk Belarusi; Tsentral'nyy botanicheskiy sad*. [Blueberry growing in Belarus: results and prospects. Proceedings of the Republican scientific and practical conference. National Academy of Sciences of Belarus; Central Botanical Garden]. Minsk: Izd-vo Konfido, 2012. Pp. 45–48. (In Russ.). EDN: YOZCNA
3. Velichko N.A., Berikashvili Z.N. The study of the chemical composition of berries of blueberry and common development of formulations of drinks on its basis. *Bulletin of KrasSAU*. 2016;(7):126–131. (In Russ.). EDN: WCYKQZ
4. Savitskaya T.S. Blueberry berries as source of biologically active agents in products of the functional orientation. *Ispol'zovaniye sovremennykh tekhnologiy v sel'skom khozyaystve I pishchevoy promyshlennosti: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov I molodykh uchennykh*. [Use of modern technologies in agriculture and food industry. Proceedings of the International scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists]. Persianovsky settlement, 2017. Pp. 130–134. (In Russ.). EDN: ZGZVIJ
5. Pavlovsky N.B. Cultivation of highbush blueberry. *Organizatsionno-tekhnologicheskiye normativy vozdeystviya ovoshchnykh, plodovykh, yagodnykh kul'tur I vyrashchivaniya posadochnogo materiala: Sbornik otraslevykh reglamentov / Nats. Akad. Nauk Belarusi. In-t 29system. Issled. V APK NAN Belarusi; ruk. Razrab.: V. G. Gusakov [I dr.]* [Organizational and technological standards for cultivating vegetable, fruit, berry crops and growing planting material: Collection of industry regulations. Nat. acad. Sciences of Belarus. In-t sys. Res. V agro-industrial complex NAS of Belarus; head. Razrabot.: V.G. Gusakov [et al.] Minsk: Belorusskaya nauka, 2010. Pp. 375–393. (In Russ.). EDN: TWJHPE
6. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Kniga po trebovaniyu, 2012. 352 p. (In Russ.)
7. Lebedko E.Ya., Khokhlov A.M., Baranovsky D.I., Getmanets O.M. *Biometriya v MS Excel: uchebnoye posobiye* [Biometrics in MS Excel: a tutorial]. Saint Petersburg: Izd-vo Lan', 2018. 172 p. (In Russ.). EDN: XQASDZ
8. Kerefov K. N., Fiapshev B. Kh., Fedorova S. I. Chernozems of Kabardino-Balkaria. Nature of Kabardino-Balkaria and its protection. Issue 2. 1969. (In Russ.)
9. Kerefov K.N., Fiapshev B.Kh. *Pochvennyye rayony KBASSR I ikh sel'skokhozyaystvennoye ispol'zovaniye* [Soil regions of the Kabardino-Balkarian ASSR and their agricultural use]. Nalchik, 1977. 144 p. (In Russ.)
10. Alekhin V.T., Ryabchinskaya T.A., Bobreshova I.Yu. [et al.]. New preparation for immunity stimulation and efficiency increase of plants. *Plant protection and quarantine*. 2010;(3):44-45. (In Russ.). EDN: KZXYWZ

Сведения об авторах

Егорова Елена Михайловна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1914-0691

Таумурзаева Фарида Даутовна – магистрант направления подготовки 35.04.04 Агрономия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова»

Information about the authors

Elena M. Egorova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1914-0691

Farida D. Taumurzaeva – Master's student in the field of study 35.04.04 Agronomy, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 13.11.2024;
одобрена после рецензирования 29.11.2024;
принята к публикации 12.12.2024.*

*The article was submitted 13.11.2024;
approved after reviewing 29.11.2024;
accepted for publication 12.12.2024.*

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ
ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE**Патология животных, морфология, физиология,
фармакология и токсикология****Animal Pathology, Morphology, Physiology,
Pharmacology and Toxicology**

Научная статья

УДК 619:616.441:636.2

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-31-37

**Патоморфологический анализ трансформации щитовидной железы коров
швицкой породы в условиях эндемии****Ауес Хусенович Пилов^{✉1}, Тимур Тазретович Тарчоков²,
Заурбек Магометович Айсанов³**Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030^{✉1}pilov@mail.ru²ttarchokov@mail.ru, <https://orcid.org/000-0002-7434-1700>³Zaurbek.21965@mail.ru, <https://orcid.org/000-0002-2829-2848>

Аннотация. В условиях Кабардино-Балкарии щитовидная железа коров подвергается влиянию биосферы и трансформации. Было выявлено, что на фоне гипофункционального состояния железы обнаруживаются струмоидные изменения, носящие очаговый характер. Такие изменения рассматривались как предзобные состояния, оказывающие влияние на гормональный баланс всего организма животных, отражаясь на его состоянии и продуктивности. Прогрессирование гипофункции железы вело к дальнейшему увеличению фолликулов, уплощению эпителия, что указывало на гипофункциональное состояние железы, на фоне которого развиваются узловые и диффузные макрофолликулярные струмоидные изменения, обильная десквамация тиреоцитов в коллоидных массах. Было замечено, что нарастание признаков гипофункции приводило к сдавливанию сосудов, нарушению кровоснабжения и эвакуации коллоида в сосудистое русло. Этот процесс часто являлся первым этапом предзобных состояний. Также выявлено, что компенсаторный механизм в пораженных железах вел к образованию очагов усиленной пролиферации в виде папилломатозных выступов соединительной ткани, покрытой высокими, призматическими тиреоцитами. Формы зобных поражений, частота и характер их свидетельствуют о единстве фило- и онтогенеза щитовидной железы у человека и крупного рогатого скота, как и о единстве патогенеза у всех млекопитающих.

Ключевые слова: фиброз, кальциноз, гиалиноз, десквамация, некроз, гемосидерин

Для цитирования. Пилов А. Х., Тарчоков Т. Т., Айсанов З. М. Патоморфологический анализ трансформации щитовидной железы коров швицкой породы в условиях эндемии // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 31–37.

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-31-37

Original article

Pathomorphological Analysis of the Transformations of the Thyroid Gland of Swiss Cows in Endemic Conditions

Aues Kh. Pilov^{✉1}, Timur T. Tarchokov², Zaurbek M. Aisanov³

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}pilov@mail.ru

²ttarchokov@mail.ru, <https://orcid.org/000-0002-7434-1700>

³Zaurbek.21965@mail.ru, <https://orcid.org/000-0002-2829-2848>

Abstract. In Kabardino-Balkaria, the thyroid gland of cows is influenced by the biosphere and transformation. It was revealed that against the background of the hypofunctional state of the gland, focal strumoid changes of a focal nature are detected. Such changes were considered as prenatal conditions that affect the hormonal balance of the entire animal body, affecting its condition and productivity. The progression of the hypofunction of the gland led to a further increase in follicles, flattening of the epithelium, which indicated a hypofunctional state of the gland, against which nodular and diffuse macrofollicular strumoid changes, and abundant desquamation of thyrocytes in colloidal masses develop. It was noticed that the increase in signs of hypofunction led to compression of blood vessels, disruption of blood supply and evacuation of colloid into the vascular bed. This process was often the first stage of presubstantial states. It was also revealed that the compensatory mechanism in the affected glands led to the formation of foci of increased proliferation in the form of papillomatous protrusions of connective tissue covered with high, prismatic thyrocytes. The forms of goiter lesions, their frequency and nature indicate the unity of the phylogeny and ontogenesis of the thyroid gland in humans and cattle, as well as the unity of pathogenesis in all mammals.

Keywords: fibrosis, calcification, hyalinosis, desquamation, necrosis, hemosiderin

For citation. Pilov A.H., Tarchokov T.T., Aisanov Z.M. Pathomorphological Analysis of Thyroid Gland Transformation of Swiss Cows in Endemic Conditions. *Izvestiya Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):31–37. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-31-37

Введение. Щитовидная железа (ЩЖ), являясь основным депо йода в организме, влияет на эмбриогенез, воспроизводительную способность, развитие молодняка, гемопоэз, обмен веществ, резистентность организма и продуктивность. Практически на всей территории России имеет место эндемия по дефициту йода. 30% населения РФ страдают патологией ЩЖ.

Кабардино-Балкария относится к территориям с низким содержанием йода в почве, воде и воздухе. В результате недостаточного поступления йода в организм задерживается рост, развивается зоб. Поэтому проблема йодного дефицита остается актуальной и в наши дни.

В современных условиях мультифакториального техногенного загрязнения наблюдается неуклонный рост патологии ЩЖ.

Цель исследования – анализ трансформации щитовидной железы коров швицкой породы в условиях эндемии.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектом изучения были ЩЖ коров швицкой породы (взрослые). Приготовлено 30 гистосрезов и изучено 10 препаратов ЩЖ.

В комплекс методик входили: анатомический и гистологический анализ, макро- и микроисследования структур железы и приготовление микрофотографий. Отобранный материал фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина, затем образцы промывали водопроводной водой и обезживали в спиртах возрастающей концентрации, в последствии заливали в парафин. Парафиновые срезы толщиной 5-6 мкм изготавливали на санном микротоме.

При морфометрическом исследовании изучали: диаметр больших, средних и мелких

фолликулов, соотношение крупных и средних фолликулов, фолликулярный индекс (ФИ), высоту тиреоцитов, диаметр ядер тиреоцитов, показатель накопления коллоида.

Диаметр фолликулов, высоту тиреоцитов определяли с помощью окуляр микрометра. Исследования всех гистологических препаратов проводили с помощью микроскопа ЛОМО. Микрофотографии выполняли с помощью цифрового фотоаппарата «OLYMPUS SFE-230» [1].

Просвет-эпителиальный индекс или показатель А.А.Брауна вычисляли по формуле:

$$d : h,$$

где:

d – средний внутренний диаметр фолликула;
 h – средняя высота тиреоидного эпителия.

Полученные данные обработаны с применением методов вариационной статистики, достоверность различий определялась по критерию Стьюдента [2].

Результаты исследования. В исследуемом материале диаметр фолликулов составил $246,9 \pm 14,0$ мкм, высота тиреоцитов – $4,9 \pm 1,2$ мкм. Индекс А.А.Брауна равен 50,5. Нормальную структуру железы установили в 20,5% срезов, гипофункцию – в 46,5% и тенденцию к снижению активности – в 33%.

К характерным особенностям ЩЖ коров следует отнести обилие соединительной ткани, вариабельность форм и конфигурации боковых долей, относительно большой диаметр фолликулов и связанный с этим самый большой показатель индекса А.А.Брауна. Гипофункция железы выявляется в большинстве случаев у старых животных. Однако у них нередко обнаруживаются очаги мелких фолликулов с признаками нормы и пролиферативными явлениями. Это следует, на наш взгляд, расценивать как проявление адаптации железы и компенсаторный процесс в ответ на влияние стромогенных факторов. Межфолликулярный эпителий у коров обнаруживается относительно реже, как и жировые отложения, соответственно 10 и 12,5%. Лимфоидные скопления – 5%.

На фоне гипофункционального состояния железы обнаруживаются очаговые струмоидные изменения, составляя 28,5% к числу изученных объектов с картиной коллоидного характера и 10% паренхиматозного. Значительно реже встречаются смешанные формы.

Характерно отметить, что эти струмоидные изменения носят не диффузный, а локальный – очаговый характер. Однако их следует рассматривать как предзобные состояния, оказывающие влияние на гормональный баланс всего организма животных, отражаясь на его состоянии и продуктивности.

Картина, отображающая норму железы крупного рогатого скота показана на рисунке 1.

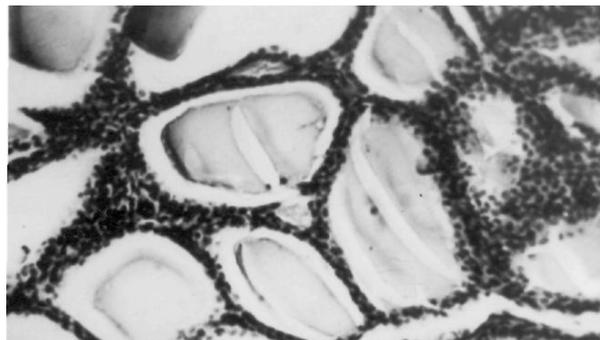


Рисунок 1. Щитовидная железа коровы: мелкие и средние фолликулы, выстланные кубическим эпителием. Окраска: гематоксилин-эозином, X100

Figure 1. Cow thyroid gland: small and medium follicles lined with cubic epithelium. Staining: hematoxylin-eosin, X100

На общем фоне среза видны мелкие и средние фолликулы, свободно располагающиеся между прослойками соединительной ткани. Между ними достаточно обильно представлены островки межфолликулярного эпителия. В фолликулах (маргинально) виден процесс резорбции коллоида в виде светлых поясков. Тиреоциты кубической формы. Дескваматов нет.

По мере снижения функциональной активности картина среза отчетливо изменяется в сторону увеличения фолликулов. Это происходит по причине ретенции (застоя) в них коллоида. Они приобретают характерные полигональные формы взаимного давления. Здесь уже нет резорбционных вакуолей. Межфолликулярного эпителия меньше. Тиреоциты уплощаются, а коллоид приобретает более темную окраску и характерную слоистость (рис. 2).

При нарастании процесса снижения функции железы фолликулы еще больше увеличиваются, эпителий уплощается, полигональность их выражена больше (рис. 3). Такие железы мы относили к гипофункциональным

состояниям, на фоне которых развиваются узловые и диффузные макрофолликулярные струмоидные изменения.

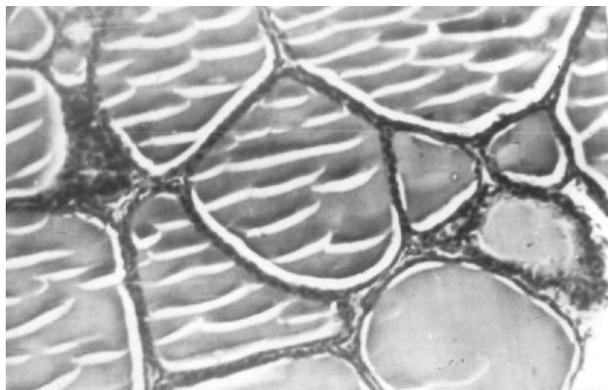


Рисунок 2. Щитовидная железа коровы: крупные фолликулы, выстланные уплощенным эпителием. Окраска: гематоксилин-эозином, X100
Figure 2. Cow's thyroid gland: large follicles lined with flattened epithelium. Staining: hematoxylin-eosin, X100

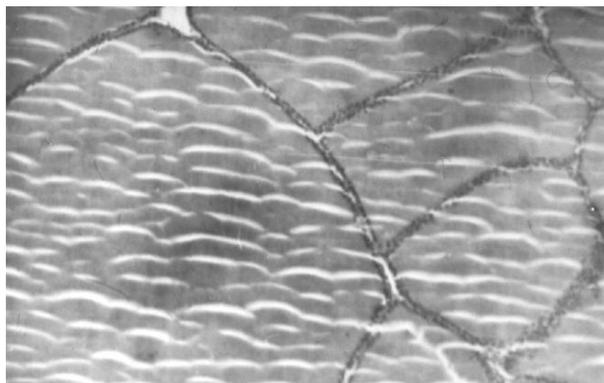


Рисунок 3. Щитовидная железа коровы: макрофолликулы щитовидной железы с большим содержанием коллоида. Окраска: гематоксилин-эозином. X100
Figure 3. Cow's thyroid gland: thyroid macrofollicles with a high colloid content. Staining: hematoxylin-eosin. X100

Нередко среди фолликулов, отображающих пониженную функциональную активность, можно встретить довольно обильную десквамацию тиреоцитов в коллоидных массах. Дескваматы располагаются пристеночно и в центре фолликулов. Часто среди них содержатся одиночные форменные элементы крови. Как гематогенные клетки, так и тиреоциты – в состоянии дегенерации и распада. Ядра их пикнотичны или в состоянии кардио-

рексиса. Такая картина нашла отражение на рисунке 4.

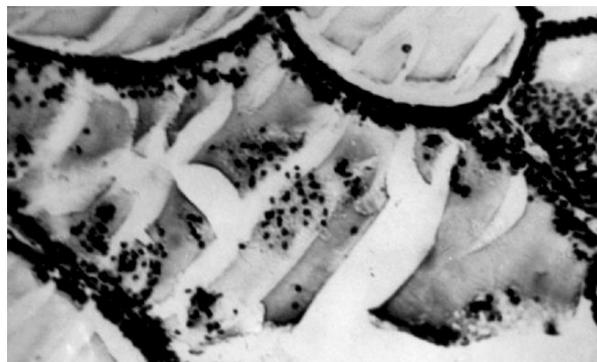


Рисунок 4. Щитовидная железа коровы: дистрофические изменения и десквамация тиреоцитов в просвет фолликула. Окраска: гематоксилин-эозином. X100
Figure 4. Cow thyroid gland: dystrophic changes and desquamation of thyrocytes into the lumen of the follicle. Staining: hematoxylin-eosin. X100

Вопрос об оценке дескваматов в литературных источниках трактуется различно. Одни авторы усиленную десквамацию рассматривают как переход мерокриновой секреции в голокриновую. Это, по мнению авторов, происходит при недостаточном синтезе гормонов [3]. Эти и другие литературные источники обязывают к осторожной и дифференцированной трактовке дескваматов.

Процесс нарастания признаков гиподисфункции, как правило, сопровождается дальнейшим увеличением диаметров фолликулов, усилением внутрифолликулярного давления, уплотнением тиреоцитов, истончением прослоек соединительной ткани и более выраженными тинкториальными свойствами коллоида – более интенсивной его окраской.

Этот процесс приводит к сдавливанию сосудов межфолликулярной соединительной ткани, нарушению кровоснабжения и эвакуации коллоида в сосудистое русло. Нередко при этом стенки фолликулов разрываются с последующим их слиянием и образованием своеобразных конгломератов. Все это является предпосылкой к образованию узловых диффузных коллоидных струмоидных изменений как предзобных состояний.

В случаях, когда соединительнотканый компонент железы усиливает реактивность, наблюдается разрастание ее прослоек с огрубением волокнистых структур и последую-

щим развитием фибриоза как проявления вторичных деструктивных изменений. Как компенсаторный процесс в таких железах могут обнаруживаться очаги усиленной пролиферации в виде папилломатозных выступов соединительной ткани покрытой высокими, призматическими тиреоцитами (рис. 4).

Картина развивающегося макрофолликулярного коллоидного струмоидного изменения с явно выраженной гипофункцией.

Такие картины в ЩЖ у человека получили название сандерсеновских подушек [4]. Параллельно с очагами пролиферации могут развиваться и деструктивные явления в виде кистозных узлов или фиброза (рис. 6).

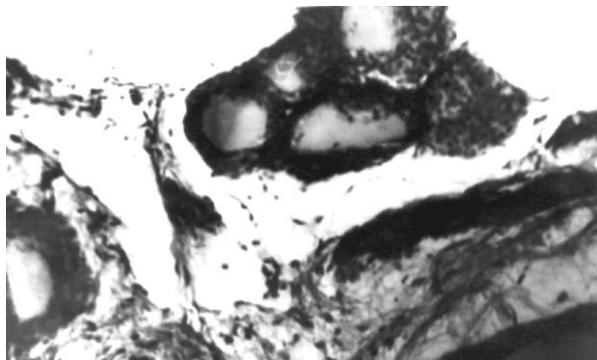


Рисунок 5. Щитовидная железа коровы: очаговая пролиферация фолликулярного эпителия.

Окраска: гематоксилин-эозином, X100

Figure 5. Cow thyroid gland: focal proliferation of follicular epithelium.

Staining: hematoxylin-eosin, X100



Рисунок 6. Щитовидная железа коровы: очаг фиброза. Окраска: гематоксилин-эозином, X100

Figure 6. Thyroid gland of a cow: fibrosis focus.

Staining: hematoxylin and eosin, X100

Эта динамика патологогистологических изменений характерна не только для крупного рогатого скота. Она описана в медицинской литературе у человека и у многих животных [4–6].

Общность этих процессов у человека и всех сельскохозяйственных животных свидетельствует как о единстве филогенеза и онтогенеза органа, так и о единстве патогенеза у всех высших млекопитающих [7].

Начальные стадии развития вторичных деструктивных изменений с разрастанием соединительнотканых прослоек. Здесь соединительная ткань содержит жировые клетки и неогрубевшие еще волокнистые структуры.

На следующей фотографии: развивающийся фиброз щитовидной железы с огрубением коллагеновых волокон, давлением соединительной ткани на железистую часть органа, с последующими атрофическими процессами (рис. 7).

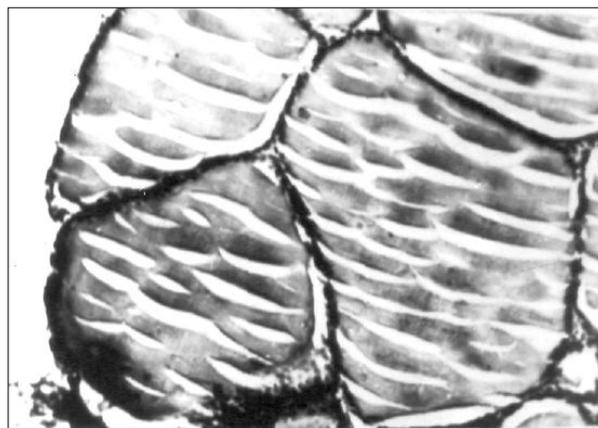


Рисунок 7. Щитовидная железа коровы: очаговый фиброз и атрофия фолликулов.

Окраска: гематоксилин-эозином, X100

Figure 7. Cow thyroid gland: focal fibrosis and follicle atrophy.

Staining: hematoxylin-eosin, X100

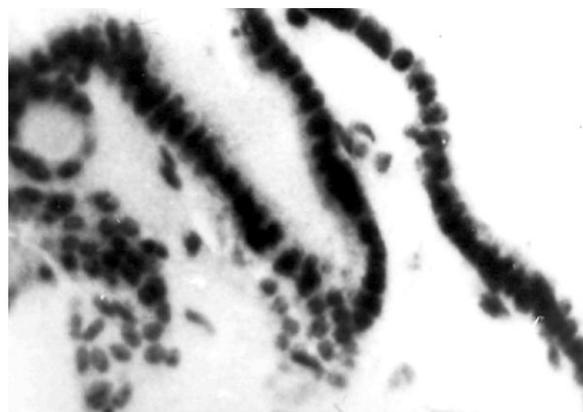


Рисунок 8. Щитовидная железа коровы 8 лет: папилломатозные структуры, покрытые призматическим эпителием.

Окраска: гематоксилин-эозином, X100

Figure 8. Thyroid gland of an 8-year-old cow: papillomatous structures covered with prismatic epithelium. Staining: hematoxylin-eosin, X100

На следующем снимке в просвете фолликулов видны папилломатозные выступы соединительной ткани, покрытые высоким призматическим эпителием типа сандерсеновских подушечек (рис. 8). Они отражают пролиферативный процесс как проявление компенсаторной реакции железы.

Выводы. 1. Щитовидная железа у крупного рогатого скота по своему фило- и онтогенетическому развитию, строению, функциональным особенностям, топографическому расположению в организме и патогенетическим данным имеет сходство со всеми млекопитающими.

2. К морфологическим и функциональным особенностям щитовидной железы коров следует отнести: более крупные фолликулы, по сравнению с другими животными, отчетливое преобладание соединительнотканного компонента и относительно низкий индекс активности.

3. Преобладание гипофункционального состояния и патологических сдвигов чаще обнаруживается у крупного рогатого скота в горных и предгорных географических зонах, что диктует необходимость организации профилактических мер путем восполнения рационов недостающими микроэлементами, в числе которых ведущая роль принадлежит йоду.

Список литературы

1. Браун А. А. О морфологическом индексе функциональной активности щитовидной железы // Тезисы II научной конференции Андижанского отделения ВНОАГ. Андижан, 1986. С. 20–22.
2. Плохинский Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников. Москва: Колос, 1969. С. 7–24.
3. Боташева В. С. Роль областей ядрышковы организаторов в динамике предопухольевых процессов и опухолей щитовидной железы. Ставрополь: САТ-Принт, 2000. 16 с.
4. Алешин В. Б. Изменения соединительнотканного остова и тканевого давления при узловатых образованиях щитовидной железы // Труды Всероссийской научно-практической конференции хирургов. Пятигорск, 1999. С. 225.
5. Гомеостаз / П. Д. Горизонтов, А. В. Вальдман, Б. В. Алешин [и др.]; под ред. П. Д. Горизонтова. Москва: Медицина, 1981. 576 с.
6. Пилов А. Х. Патоморфологический анализ щитовидной железы животных // Морфология. 2016. Т. 149. № 3. С. 162–162а. EDN: WJIUZZ
7. Морфофункциональные изменения щитовидной железы крупного рогатого скота при фасциолезе / Ф. А. Каримов, Ю. Г. Кутлин, Ш. Ф. Каримов, Ю. Г. Фёдоров // Морфология. 2019. Т. 155. № 2. С. 145. EDN: XAJHZY

References

1. Braun A.A. On the morphological index of functional activity of the thyroid gland. *Tezisy II nauchnoy konferentsii Andzhanskogo otdeleniya VNOAG* [Abstracts of the II scientific conference of the Andizhan branch of the All-Russian Society of Horticulturalists]. Andizhan, 1986. Pp. 20–22. (in Russ.)
2. Plokhinsky N.A. *Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov* [Handbook of biometrics for zootechnicians]. Moscow: Kolos, 1969. Pp. 7–24. (in Russ.)
3. Botasheva V.S. *Rol' oblastei yadryshkovykh organizatorov v dinamike predopukholevykh protsessov i opukholei shchitovidnoi zhelezy* [The role of nucleolar organizer regions in the dynamics of pretumor processes and thyroid tumors], Stavropol', SAT-Print, 2000, 16 p. (in Russ.)
4. Aleshin V.B. Changes in the connective tissue framework and tissue pressure in nodular formations of the thyroid gland. *Trudy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii khirurgov* [Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference of surgeons]. Pyatigorsk, 1999. P. 225. (in Russ.)
5. Gorizontov P.D., Valdman A.V., Aleshin B.V. [et al.]. *Gomeostaz* [Homeostasis]; edited by P.D. Gorizontov. Moscow: Meditsina, 1981. 576 p. (in Russ.)
6. Pilov A.X. Pathomorpho-functional analysis of thyroid gland in domestic animals. *Morphology*. 2016;149(3):162-162a. (in Russ.). EDN: WJIUZZ
7. Karimov F.A., Kutlin Yu.G., Karimov Sh.F., Fyodorov Yu.G. Morpho-functional changes in the thyroid gland of cattle with fascioliasis. *Morphology*. 2019;155(2):145. (in Russ.) EDN: XAJHZY

Сведения об авторах

Пилов Ауес Хусенович – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры ветеринарной медицины, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова», SPIN-код: 9472-0334, Scopus ID: 408571, Researcher ID: AAB-9723-2020

Тарчоков Тимур Тазретович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной-экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова», SPIN-код: 9472-0334, Scopus ID: 57193828145, Researcher ID: AAB-9723-2020

Айсанов Заурбек Магометович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова», SPIN-код: 7672-6909, Scopus ID: 57962781800, Researcher ID: AAB-9728-2020

Information about the authors

Aues Kh. Pilov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Veterinary Medicine, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 9472-0334, Scopus ID: 408571, Researcher ID: AAB-9723-2020

Timur T. Tarchokov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Science and Veterinary-Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 9472-0334, Scopus ID: 57193828145, Researcher ID: AAB-9723-2020

Zaurbek M. Aisanov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Science and Veterinary and Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 7672-6909, Scopus ID: 57962781800, Researcher ID: AAB-9728-2020

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 08.11.2024;
одобрена после рецензирования 22.11.2024;
принята к публикации 02.12.2024.*

*The article was submitted 08.11.2024;
approved after reviewing 22.11.2024;
accepted for publication 02.12.2024.*

Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов
и производства продукции животноводства

Private Animal Husbandry, Feeding, Feed Preparation
and Livestock Production Technologies

Научная статья

УДК 636.598.082.4(470.57)

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-38-45

Влияние возраста на репродуктивные качества гусakov
крупной серой породы

Ринат Равилович Гадиев^{✉1}, Альфия Равильевна Гайфуллина²,
Ольга Семеновна Якушенко³

^{1,2}Башкирский государственный аграрный университет, улица 50-летия Октября, 34, Уфа, Россия, 450001

³Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

✉¹rgadiev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0727-312X>

²alfiya.gayfullina.1993@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4770-8527>

³Olgaolga6.01.1953@gmail.com

Аннотация. В статье представлены данные воспроизводительных качеств гусakov родительского стада крупной серой породы 1, 2, 3 и 4-го годов использования, а также результаты возрастного подбора родительских пар при их использовании на гусынях 2-го биологического цикла. Цель исследования – оценка воспроизводительных качеств гусakov разного возраста и результативности возрастного подбора. Впервые изучены воспроизводительные качества гусей разного возраста и показана результативность возрастного подбора родительских пар. Исследования проводились в условиях ООО «Башкирская птица» Благоварского района Республики Башкортостан. Установлено, что по сравнению с первым годом использования живая масса у гусakov второго года использования увеличилась на 15,5%, третьего года использования на 25,4% и у гусakov четвертого года использования – на 22%. При этом возраст гусakov оказывает влияние на объема эякулята, хотя активность спермиев в эякуляте существенно не изменилась у гусakov первого, второго и третьего года использования. В последующем у гусakov четвертого года использования происходит некоторое снижение активности спермиев по сравнению с другими возрастными периодами. Лучшие показатели воспроизводительной способности выявлены у гусakov третьего года использования, о чем свидетельствуют показатели концентрации сперматозоидов в общем объеме и числа активных спермиев в эякуляте. В целом при проведении возрастного подбора родительских пар целесообразно к самкам второго года биологического цикла подбирать гусakov второго и третьего годов использования.

Ключевые слова: гусаки, возрастной подбор, воспроизводительная способность, масса яиц, инкубация яиц, вывод гусят

Для цитирования. Гадиев Р. Р., Гайфуллина А. Р., Якушенко О. С. Влияние возраста на репродуктивные качества гусakov крупной серой породы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 38–45. doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-38-45

Original article

The Influence of Age on Reproductive Performance of Large Grey Geese

Rinat R. Gadiev^{✉1}, Alfiya R. Gayfullina², Olga S. Yakushenko³

^{1,2}Bashkir State Agrarian University, 34, 50th anniversary of October Street, Ufa, Russia, 450001

³Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}rgadiev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0727-312X>

²alfiya.gayfullina.1993@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4770-8527>

³Olgaolga6.01.1953@gmail.com

Abstract. The article presents data on the reproductive qualities of ganders of the parent flock of the large gray breed in the 1st, 2nd, 3rd and 4th years of use, as well as the results of age selection of parent pairs when using them on geese of the 2nd biological cycle. The purpose of the study is to assess the reproductive qualities of ganders of different ages and the effectiveness of age selection. For the first time, the reproductive qualities of geese of different ages were studied and the effectiveness of age selection of parent pairs was shown. The studies were conducted in the conditions of Bashkirskaya Ptitsa LLC in the Blagovarsky District of the Republic of Bashkortostan. It was found that, compared with the first year of use, the live weight increased and amounted to 15.5% in ganders of the second year of use, 25.4% and 22% in the third year of use. At the same time, the age of ganders affected the volume of ejaculate, although the activity of sperm in the ejaculate did not change significantly in ganders of the first, second and third years of use. Subsequently, the fourth-year ganders show some decrease in sperm activity compared to other age periods. The best reproductive capacity indicators were found in the third-year ganders, as evidenced by the indicators of sperm concentration in the total volume and the number of active sperm in the ejaculate. In general, when selecting parent pairs by age, it is advisable to select ganders of the second and third years of use for females of the second year of the biological cycle.

Keywords: ganders, age selection, reproductive capacity, egg weight, egg incubation, hatching of goslings

For citation. Gadiev R.R., Gayfullina A.R., Yakushenko O.S. The Influence of Age on Reproductive Performance of Large Grey Geese. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):38–45. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-38-45

Введение. Одной из основных отраслей сельского хозяйства издавна являлось птицеводство, которое обеспечивает население качественными и диетическими продуктами питания, а промышленность – сырьем для дальнейшей переработки [1, 2].

Гуси, в отличие от других видов животных, в агропромышленном секторе отличаются повышенной конверсией корма: поедая дешевые зеленые корма, способны давать продукцию, во много раз превышающую количество потребленных средств [3, 4].

При этом на современном этапе производства внедряются передовые методы ведения хозяйства, что значительно ускоряет процессы производства, позволяя получать от гусей максимум птицепродукции [5, 6].

На репродукцию и продуктивность гусей особое влияние имеют кормовые ресурсы,

принципы и техника содержания и ухода за данной птицей, при этом каждая порода имеет свои отличительные особенности, что требует определенного подхода при её разведении [7–9].

Следует подчеркнуть, что возрастные изменения гусей при длительном их содержании оказывают как благоприятное, так и негативное влияние как на их продуктивные качества, так и на процессы воспроизводства [10].

Целью данного исследования является оценка воспроизводительных качеств гусаков разного возраста и результативности возрастного подбора родительских пар. Для реализации указанной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) оценить основные параметры воспроизводительных качеств гусаков;
- 2) изучить инкубационные показатели яиц гусынь;

3) рассчитать экономическую эффективность разведения гусей с учетом их возрастных особенностей.

Научная новизна. Впервые изучены воспроизводительные качества гусей разного возраста и показана результативность возрастного подбора родительских пар.

Материалы, методы и объекты исследования. Для решения поставленных задач проведен подбор гусаков крупной серой породы родительского стада 1, 2, 3 и 4-го годов ис-

пользования к самкам 2-го года использования, которые составили в последующем соответственно 1, 2, 3 и 4 группы подопытной птицы. Исследования проводились в условиях ООО «Башкирская птица» Благоварского района Республики Башкортостан.

Птица содержалась согласно требованиям ВНИТИП. Опыт проводился на протяжении 150 дней. Схема проведения эксперимента представлена на рисунке 1.

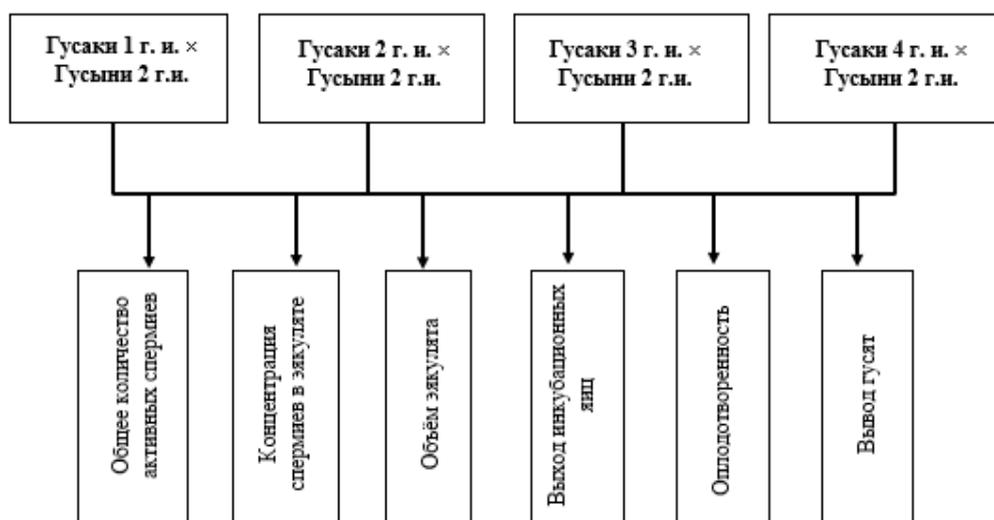


Рисунок 1. Схема опыта
Figure 1. Experimental scheme

Показатели спермопродукции анализировались в начале племенного сезона, для этого три раза получали спермии с интервалом в сутки у 3-х гусаков из каждой группы. Перед взятием образцов клоаку дезинфицировали фурацилином, используя раствор с концентрацией 0,02%; после этого самца клали на колени, голова находилась под левой рукой исследователя. Производили примерно десять поглаживающих движений левой рукой от основания перьев к хвостовой части, таким образом производили абдоминальный массаж для отбора спермы. Вместе с тем, другой рукой, ориентируясь на грудную клетку, выполняли надавливание на живот, а снизу зажимали кольцо клоаки. В результате данных манипуляций пенис гусака выводился наружу и происходил процесс семяизвержения. Сперму собирали при помощи спермоприемника, который был необходим для подсчета объема эякулята.

Для измерения параметра концентрации спермиев вели их подсчет в счетной камере

Горяева. Для этого сначала спермопродукцию разбавляли смесью NaCl (3%), затем разбавленную таким образом сперму наносили на внутреннюю сторону счетной камеры Горяева и сверху помещали покровное стекло. Подсчитывали спермии в 5 больших квадратах, в 4 из которых по диагонали и 1 располагался в стороне. Расчет производили по формуле:

$$n/100,$$

где:

n – это число сосчитанных спермиев.

Также рассматривали оплодотворенность яиц, которую рассчитывали как число оплодотворенных яиц от общего количества, заложенных на инкубацию в процентах.

Показатели инкубации яиц и вывода гусят изучались по общепринятым методикам. При оценке яичной продуктивности гусынь также производили взвешивание яиц, которые были получены на протяжении двухнедельного срока.

Яйценоскость определяли количеством яиц, которые были получены от самок за продуктивный период биологического цикла.

Результаты исследования. Перед началом основных исследований по репродуктивным способностям гусаків изучали результаты их взвешиваний и рассматривали среднее значение. Итоги отражены на рисунке 2.

Установлено, что живая масса гусаків первого года использования составляет 5058 г. С возрастом происходит увеличение живой массы гусаків. По сравнению с первым годом

использования живая масса увеличилась у гусаків второго года использования на 15,5%, третьего года использования на 25,4% и у гусаків 4 года использования на 22%.

При изучении воспроизводительных способностей гусаків отдельное внимание уделяли основным показателям спермопродукции, таким как объем эякулята, концентрация спермиев и общее количество активных сперматозоидов.

Результаты исследований по данному направлению отражены на рисунке 3.

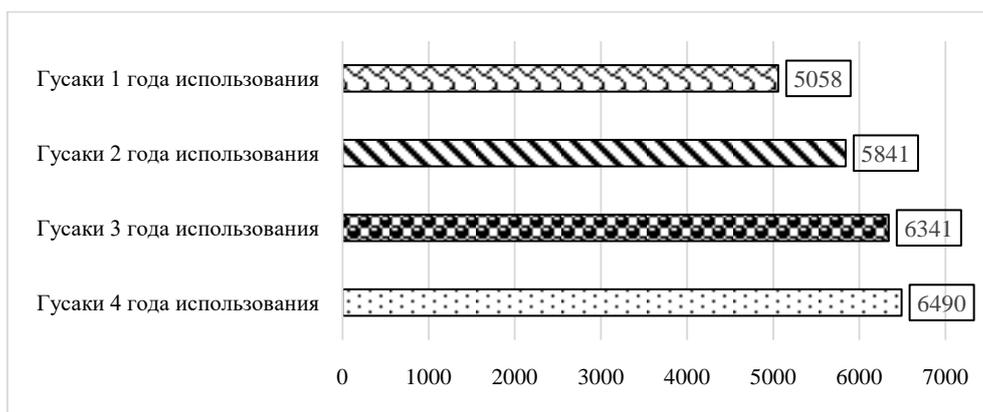


Рисунок 2. Средняя живая масса гусаків, г
Figure 2. Average live weight of geese, g

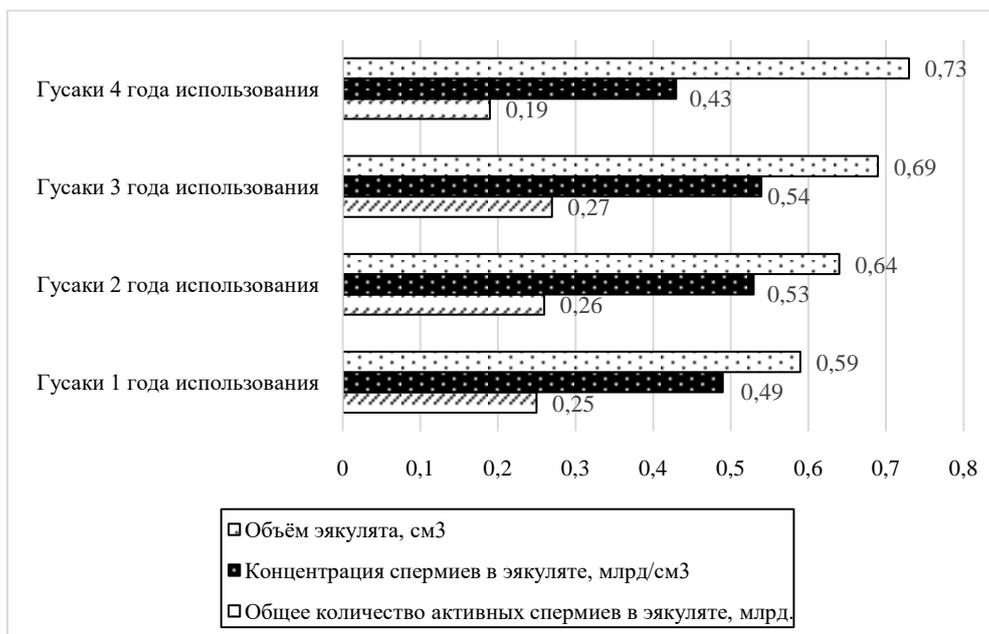


Рисунок 3. Основные показатели спермопродукции гусаків
Figure 3. Main indicators of sperm production of geese

Установлено, что возраст гусаків оказывает влияние на объем эякулята, хотя активность спермиев в эякуляте существенно не измени-

лась у гусаків первого, второго и третьего года использования. В последующем у гусаків четвертого года использования происходит неко-

торое снижение активности спермиев по сравнению с другими возрастными периодами.

Подобные результаты получены и при изучении объема эякулята у гусак крупноростовой породы. С возрастом общий объем эякулята увеличивается и достигает максимума у гусак четвертого года использования и составляет – 0,73 млрд, что на 19% больше по сравнению с показателем гусак 1-го года использования. Лучшие показатели воспроизводительной способности выявлены у гусак третьего года использования, о чем свидетель-

ствуют показатели концентрации сперматозоидов в общем объеме и числа активных спермиев в эякуляте.

Изучение показателей инкубации яиц и вывода гусят в зависимости от возрастного подбора показало (рис. 4), что наилучшие показатели выхода инкубационных яиц получены у птицы второй и третьей групп по сравнению с подопытной птицей первой и четвертой групп. Подобные результаты получены и по показателям оплодотворенности яиц и вывода гусят.

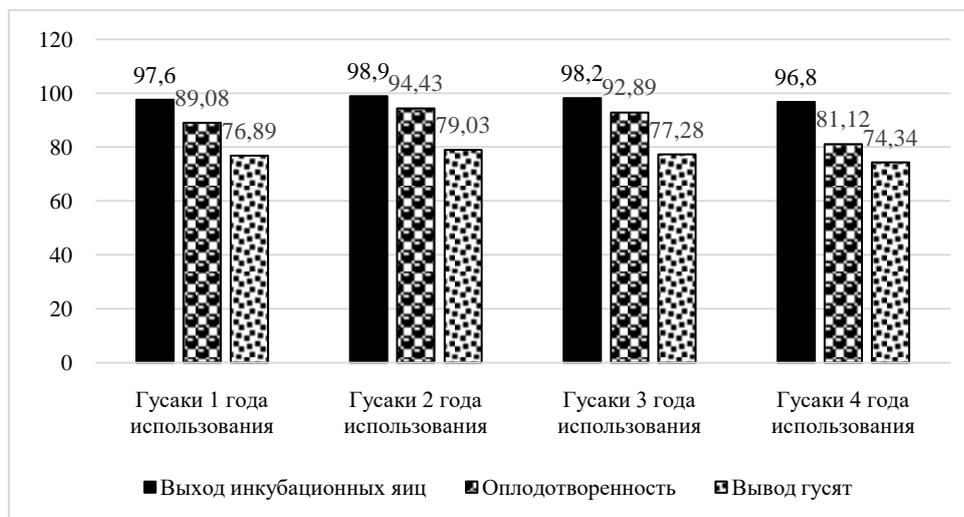


Рисунок 4. Показатели инкубации яиц и вывода гусят, %
Figure 4. Incubation and hatching parameters, %

Среди подопытной птицы более высокие показатели инкубации и вывода гусят установлены во второй группе по сравнению с другими группами, у которых показатель выхода инкубационных яиц составил 98,9%, оплодотворенности яиц 94,43% и вывода гусят 79,03%.

В процессе исследований по изучению инкубационных качеств и яичной продуктивности гусынь определяли и массу яйца, которая отражена на рисунке 5.

Яичная продуктивность гусей – важный селекционный признак, который обусловлен генетическими факторами, а также паратипическими, включающими возраст, условия кормления и содержания. Следует отметить, что масса яйца зависит от возраста подбираемых родительских пар. Среди подопытной птицы более высокой массой яиц отличалась птица четвертой группы. Превосходство гусей четвертой группы по массе яиц по сравнению с

первой группой составило 13,3%, со второй группой – 6,8%, и третьей группой – 6,5%.

Наряду с изучением воспроизводительной способности гусей, нами проведена оценка экономической эффективности возрастного подбора родительских пар, результаты которой приведены в таблице 1.

Установлено, что подопытная птица второй и третьей групп отличалась более высокими показателями яйценоскости, валового сбора яиц, вывода гусят. При этом при одинаковой реализационной цене одной головы, выручка от реализации продукции была более высокой у подопытной птицы второй и третьей групп по сравнению с другими группами. В результате более высокая прибыль (486,24 и 502,4 руб.) и рентабельность (38,47 и 39,54 руб.) достигнута во второй и третьей группах, что в среднем на 52,4 руб. и 2,6% больше, чем у птицы первой группы и 188,9 руб. и 3,7% соответственно больше, чем у птицы четвертой группы.

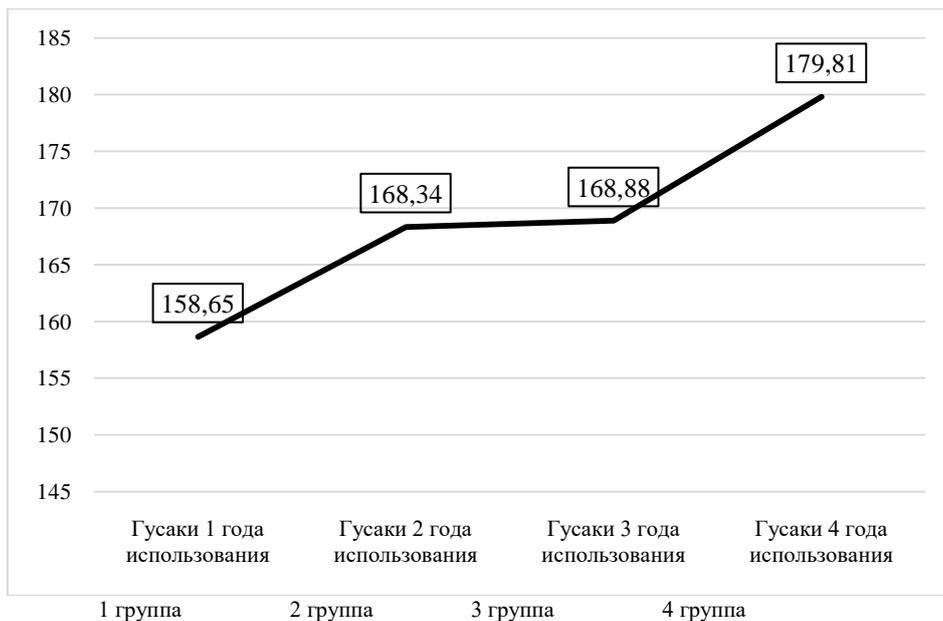


Рисунок 5. Масса яиц, г
Figure 5. Egg weight, g

Таблица 1. Экономическая целесообразность проведенных исследований
Table 1. Economic feasibility of the conducted research

Показатель	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа
Общее поголовье гусей, голов	400	400	400	400
Яйценоскость на среднюю не-сушку, шт.	42,50	42,70	42,80	33,20
Валовый сбор яиц – всего, шт.	12325	12375	12455	9628
Вывод гусят, гол	9207	9723	9850	6496
Затраты – всего, тыс. руб.	1215,30	1263,90	1270,60	863,90
Цена реализации одной головы суточного молодняка, руб.	180,0	180,0	180,0	180,0
Выручка – всего, тыс. руб.	1657,20	1750,14	1773,0	1169,3
Прибыль, тыс. руб.	441,90	486,24	502,40	305,38
Уровень рентабельности, %	36,4	38,47	39,54	35,30

Выводы. Анализ проведенных исследований позволяет сделать следующие выводы:

- при проведении возрастного подбора родительских пар целесообразно к самкам второго года биологического цикла подбирать гусак-ов второго и третьего годов использования;
- среди подопытной птицы более высокие показатели инкубации и вывода гусят установ-

лены во второй группе по сравнению с другими группами, у которых показатель выхода инкубационных яиц составил 98,9%, оплодотворенности яиц -94,43% и вывода гусят 79,03%.

- превосходство гусей четвертой группы по массе яиц по сравнению с первой группой составило 13,3%, со второй группой – 6,8% и третьей группой – 6,5%.

Список литературы

1. Гадиев Р. Р., Герасимова Л. В. Биологический контроль при инкубации яиц сельскохозяйственной птицы: учеб. пособие. Уфа. 2006. С. 24. EDN: SANULR

2. Фаррахов А. Р. Продуктивность гусей различных пород и помесей // Птицеводство. 2006. № 8. С. 2. EDN: NZVIMZ
3. Гадиев Р. Р., Чарыев А. Б. Эффективность использования сорго в рационах цыплят-бройлеров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 6(44). С. 134–136. EDN: RSFNIX
4. Хазиев Д. Д., Гадиев Р. Р. Эффективность применения гуминовых веществ при выращивании гусят на мясо // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 6(44). С. 141–144. EDN: RSFNKB
5. Chemical composition and functional-technological properties of mulard meat / R.R. Gadiev, I.Yu. Dolmatova, A.R. Farrakhov, Ch.R. Galina, N.N. Akhmetgareeva, M.A. Kazanina, A.F. Sharipova // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Т. 13. № S8. С. 6413–6418. DOI: 10.3923/jeasci.2018.6413.6418. EDN: XZWFGH
6. Гадиев Р. Р., Герасимова Л. В. Биологический контроль при инкубации яиц сельскохозяйственной птицы: учеб. пособие. Уфа, 2006. 107 с. EDN: SANULR
7. Гришина Д. С. Оценка хозяйственно-полезных качеств гусей генофондного стада // Владимирский земледелец. 2022. № 4(102). С. 64–69. DOI: 10.24412/2225-2584-2022-4-64-69. EDN: IRFKTN
8. Гадиев Р. Р., Хазиев Д. Д. Использование биологически активных веществ в гусеводстве: рекомендации. Уфа: Башкирский ГАУ, 2013. 20 с.
9. The use of chlorella in goose breeding / D.D. Khaziev, Ch.R. Galina, A.R. Farrakhov, K.D. Farhutdinov, I.Y. Dolmatova, M.A. Kazanina, G.F. Latypova // AIMS Agriculture and Food. 2019. Т. 4. № 2. С. 349–361.
10. Гришина Д. С. Сравнительная оценка связи экстерьера гусей генофондного стада с их живой массой // Птицеводство. 2022. № 12. С. 11–15. DOI: 10.33845/0033-3239-2022-71-12-11-15. EDN: MPHFPN

References

1. Gadiev R.R., Gerasimova L.V. *Biologicheskii kontrol' pri inkubatsii yaits sel'skokhozyaystvennoy ptitsy: ucheb. Posobiye* [Biological control during incubation of eggs of agricultural poultry: textbook. Manual]. Ufa. 2006. P. 24. (In Russ.). EDN: SANULR
2. Farrakhov A.R. Productivity of geese of different breeds and crossbreeds. *Ptitsevodstvo*. 2006;(8):2. (In Russ.). EDN: NZVIMZ
3. Gadiev R.R., Charyev A.B. Efficiency of using sorghum in the rations of broiler-chickens. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2013;6(44): 134–136. (In Russ.). EDN: RSFNIX
4. Khaziev D.D., Gadiev R.R. Efficiency of using humic substances in growing goslings for meat. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2013;6(44):141–144. (In Russ.). EDN: RSFNKB
5. Gadiev R.R., Dolmatova I.Yu., Farrakhov A.R. [et al.]. Chemical composition and functional-technological properties of mulard meat. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018;13(S8):6413–6418. DOI: 10.3923/jeasci.2018.6413.6418. EDN: XZWFGH
6. Gadiev R.R., Gerasimova L.V. *Biologicheskii kontrol' pri inkubatsii yaits sel'skokhozyaystvennoy ptitsy: ucheb. posobiye* [Biological control during incubation of eggs of agricultural poultry: study guide]. Ufa, 2006. 107 p. (In Russ.). EDN: SANULR
7. Grishina D.S. Assessment of economic characteristics of geese gene pool. *Vladimir agricult.* 2022;4(102):64–69. (In Russ.). DOI: 10.24412/2225-2584-2022-4-64-69. (In Russ.). EDN: IRFKTN
8. Gadiev R.R., Khaziev D.D. *Ispol'zovanie biologicheski aktivnykh veshchestv v gusevodstve: rekomendatsii* [Use of biologically active substances in goose breeding: recommendations]. Ufa: *Bashkirskiy GAU*, 2013. 20 p. (In Russ.)
9. Khaziev D.D., Galina Ch.R., Farrakhov A.R. [et al.]. The use of chlorella in goose breeding. *AIMS Agriculture and Food*. 2019;4(2):349–361.
10. Grishina D.S. Comparative evaluation of the relationships between the exterior traits and live bodyweight in geese of gene pool collection. *Ptitsevodstvo*. 2022;(12):11–15. (In Russ.). DOI: 10.33845/0033-3239-2022-71-12-11-15. EDN: MPHFPN

Сведения об авторах

Гадиев Ринат Равилович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры пчеловодства, частной зоотехнии и разведения животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», SPIN-код: 1092-9259

Гайфуллина Альфия Равильевна – кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры физиологии, биохимии и кормления животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», SPIN-код: 8920-8385

Якушенко Ольга Семеновна – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной-экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5383-1014

Information about the authors

Rinat R. Gadiev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Beekeeping, Private Animal Science and Animal Breeding, Bashkir State Agrarian University, SPIN-code: 1092-9259

Alfiya R. Gayfullina – Candidate of agricultural sciences, Assistant at the Department of Physiology, Biochemistry and Animal Nutrition, Bashkir State Agrarian University, SPIN-code: 8920-8385

Olga S. Yakushenko – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Veterinary-Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 5383-1014

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 06.11.2024;
одобрена после рецензирования 22.11.2024;
принята к публикации 02.12.2024.*

*The article was submitted 06.11.2024;
approved after reviewing 22.11.2024;
accepted for publication 02.12.2024.*

Научная статья
УДК 636.59.03
doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-46-54

Результативность выращивания перепелов на мясо в зависимости от глубины насыпи подстилочного материала в птичнике

Виктор Викторович Малородов^{✉1}, Валерия Евгеньевна Полякова²,
Денис Николаевич Голентовский³, Амина Абдуллаевна Эдилова⁴

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, улица Тимирязевская, 49, Москва, Россия, 127434

¹malorodov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9033-7552>

²valerieramm777@gmail.com

³denis.golen@yandex.ru

⁴amina_edilova@bk.ru

Аннотация. Исследование проводили с целью выявления целесообразной глубины насыпи подстилочного материала для выращивания перепелов на мясо. Работу выполняли в зимний период 2023-2024 гг. в условиях учебно-производственного птичника РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. Для этого методом пар-аналогов были сформированы 3 группы мясо-яичных перепелов маньчжурской породы по 57 голов в каждой. Птицу выращивали на глубокой подстилке с плотностью посадки 0,02 м² на 1 голову при постоянном доступе к корму и воде в условиях нормативного микроклимата до 39-суточного возраста. Глубина насыпи подстилочного материала в группе I (контрольной) составляла 10 см; в группе II – 7 см; в группе III – 5 см. Выращивание перепелов на подстилке глубиной 5 см привело к увеличению сохранности поголовья в возрасте 5 суток в среднем на 4,0%; снижению расхода корма на 1 кг прироста живой массы за 2 недели выращивания на 1,59 кг; улучшению состояния подошвы стоп перепелов в среднем на 1,4 балла и качества подстилки на 2,5 балла. Существенной разности по продуктивности и мясным качествам между перепелами разных групп не наблюдали. Снижение глубины насыпи подстилки с 10 до 5 см позволяет при сохранении зоотехнической эффективности производства мяса перепелов сократить затраты на подстилочный материал и улучшить состояние подошвы стоп птицы.

Ключевые слова: перепела, глубокая подстилка, мясная продуктивность, качество подстилочного материала, состояние подошвы стоп птицы, влажность подстилки

Для цитирования. Малородов В. В., Полякова В. Е., Голентовский Д. Н., Эдилова А. А. Результативность выращивания перепелов на мясо в зависимости от глубины насыпи подстилочного материала в птичнике // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 46–54. doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-46-54

Original article

The Effectiveness of Growing Quails for Meat, Depending on the Depth of the Mound of Bedding Material in the Poultry House

Viktor V. Malorodov^{✉1}, Valeriya E. Polyakova², Denis N. Golentovskij³, Amina A. Edilova⁴

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya Street, Moscow, Russia, 127434

¹malorodov@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9033-7552>

²valerieramm777@gmail.com

³denis.golen@yandex.ru

⁴amina_edilova@bk.ru

Abstract. The study was conducted in order to identify the appropriate depth of bedding material for growing quails for meat. The work was carried out in the winter period of 2023-2024 in the conditions of the educational and production poultry house of the Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev. For this purpose, 3 groups of meat and egg quails of the Manchurian breed, 57 heads in each, were formed using the pair-analog method. The birds were grown on deep litter with a stocking density of 0.02 m² per 1 head with constant access to feed and water in conditions of a standard microclimate up to 39 days of age. The depth of the bedding material embankment in group I (control) was 10 cm; in group II – 7 cm; in group III – 5 cm. Growing quails on litter 5 cm deep led to an increase in the survivability of livestock at the age of 5 days by an average of 4.0%; reduction of feed consumption per 1 kg of live weight gain over 2 weeks of rearing by 1.59 kg; improvement of the condition of the soles of quail feet by an average of 1.4 points and the quality of the litter by 2.5 points. No significant difference in productivity and meat qualities was observed between quails of different groups. Reduction of the depth of the litter mound from 10 to 5 cm allows, while maintaining the zootechnical efficiency of quail meat production, to reduce the cost of litter material and improve the condition of the soles of the birds' feet.

Keywords: quail, deep litter, meat productivity, quality of bedding material, condition of the sole of the bird's feet, litter moisture

For citation. Malorodov V.V., Polyakova V.E., Golentovskij D.N., Edilova A.A. The Effectiveness of Growing Quails for Meat, Depending on the Depth of the Mound of Bedding Material in the Poultry House. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):46–54. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-46-54

Введение. Использование подстилочного материала – важная и неотъемлемая составляющая напольного способа выращивания сельскохозяйственной птицы. Основные функции подстилки заключаются в поглощении и испарении влаги [1–3]. При использовании подстилочного материала учитывают глубину насыпи, которую определяют исходя из срока использования, размера птичника, поголовья птицы и микроклимата¹ [4]. Глубина насыпи напрямую влияет на физиологическое состояние птицы, а именно, подошвы стоп и качество тушки.

В результате исследований по определению оптимальной глубины подстилки были разработаны методические указания по напольному содержанию бройлеров и кур-несушек, так как это самый многочисленный вид сельскохозяйственной птицы [5]. В рекомендациях по технологическому проектированию птицеводческих предприятий РД-АПК 1.10.05.04-13 также отражены нормативы толщины слоя подстилки для содержания мясных кур, индеек, уток, гусей и цесарок, однако для выращивания перепелов на мясо норматив не разработан.

В последние годы подотрасль перепеловодства набирает популярность из-за диетических свойств мяса птицы [6, 7]. Для перепелов норматив глубины насыпи подстилки отсутствует, так как чаще всего используют клеточный способ выращивания. В то же время выращивание птицы в клеточных батареях зачастую приводит к травмам ног, суставов и пальцев, что снижает двигательную активность птицы, как следствие, зоотехническую эффективность производства. Также перепела активно перемещаются по клетке в процессе отлова и травмируют себя о сетку, что снижает товарные качества тушки [8].

Также важно отметить другие факторы, оказывающие негативное воздействие на здоровье ног и продуктивность птицы. Результаты исследований [9] свидетельствуют, что дерматит подошвы стоп птицы связан с микроклиматом в помещении для выращивания. Одним из главных факторов риска развития дерматита считают влажный помет [10], который, в свою очередь, приводит к образованию влажной подстилки [11]. Ранее было установлено, что использование природного цеолита в количестве 20% от состава подстилки из соломы при выращивании перепелов приводит к улучшению здоровья, физиологического статуса, показателей роста и параметров микроклимата [12]. Извест-

¹Методические рекомендации по технологическому проектированию птицеводческих предприятий: РД-АПК 1.10.05.04-13 / Виноградов П. Н. [и др.]. // Сер. Система рекомендательных документов агропромышленного комплекса. Москва, 2013. 211 с. EDN: SDOLCV

но также о положительном опыте добавления в подстилку алюмосиликатов [13].

Наряду с глубиной насыпи подстилки и микроклиматом в помещении на результаты выращивания перепелов оказывает влияние используемый подстилочный материал. Так, по итогам эксперимента с использованием 5 видов подстилки (песок, сухой ил, древесные опилки, пшеничная солома и рисовая солома) выявлено, что разные подстилочные материалы оказывали на продуктивность перепелов незначительное влияние, однако было зафиксировано, что лучшими показателями роста характеризовались перепела, выращенные на подстилке из опилок и песка. Лучшее состояния оперения и здоровья ног наблюдали на подстилке из опилок [4], что обусловило выбор подстилочного материала для настоящего исследования.

В связи с изложенным, **цель исследования** – определить целесообразную глубину подстилки в птичнике для напольного выращивания перепелов на мясо.

Материалы и методика. Работа выполнена в зимний период 2023-2024 гг. в условиях учебно-производственного птичника РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева на перепелах мясо-яичного направления продуктивности маньчжурской породы. Из молодняка средней массой 9,5 г методом пар-аналогов без учёта полового соотношения были сформированы 3 группы по 57 голов в каждой. Перепелов размещали в одном помещении, разделённом на 3 секции площадью 1 м² каждая с плотностью посадки 0,02 м² на 1 голову до 39-суточного возраста. Кормление птицы осуществляли 3 раза в сутки с учётом питательности комбикорма в соответствии с рекомендациями ВНИТИП, поение – вволю. В качестве подстилочного материала использовали древесные опилки. Различия между вариантами по технологии содержания птицы заключались в глубине насыпи подстилки: в группе I – 10 см, в группе II – 7 см; в группе III – 5 см. Выбор вариантов глубины насыпи подстилочного материала обоснован экспериментальным подходом с учётом живой массы перепелов, тогда как для бройлеров 1-6-недельного возраста глубина слоя подстилки должна составлять 7-10 см согласно РД АПК 1.10.05.04-13 (информация по глубине слоя подстилки для перепелов не приводится).

Для обогрева использовали инфракрасные лампы ИКЗК-250, установленные над каждой секцией. Температурный режим в первую неделю составлял 33-35°C, во вторую – 27-30°C, в третью – 23-26°C, в четвертую и пятую – 20-22°C. Продолжительность светового дня первые 2 недели выращивания была равна 23 ч, с 3 недели до 17 ч в сутки.

Оценку подстилки по интенсивности увлажнения проводили визуально по методике Tran S.T. и др. [14] по 5-балльной шкале, где 5 – вся подстилка влажная, без сухих зон; 4 – влажная с несколькими сухими зонами; 3 – низкого качества с большой долей влажных зон; 2 – в основном сухая с несколькими влажными зонами; 1 – сухая, рыхлая по всей площади.

Подшву стоп перепелов оценивали согласно адаптации методики по оценке подстилки [14], по 5-балльной шкале, где 5 – чистая или немного загрязненная подошва, без ран, ссадин и наростов; 4 – немного загрязненная подошва, без ран, ссадин и наростов; 3 – загрязненные подошва и когти, с мелкими ранами, видно образование наростов; 2 – загрязнена вся подошва, есть раны, видно образование наростов; 1 – сильно загрязненная подошва, есть раны и большие наросты.

В завершение эксперимента был проведен сравнительный анализ показателей роста, мясных качеств, состояния подошвы стоп между группами. Полученный цифровой материал обработан с использованием пакета программ «Microsoft Excel» методом вариационной статистики.

Результаты исследования. Жизнеспособность перепелов в группах за первую неделю выращивания отличается в пределах 18,9% падежа, связанного со слабым суточным молодняком, что может быть объяснено генетическими факторами или временным периодом окна вывода молодняка. Выращивание перепелов на подстилке с глубиной насыпи 5 см привело к увеличению сохранности поголовья в возрасте 5 суток, в сравнении с птицей из групп I и II, в среднем на 4,0% (табл. 1). Начиная со 2 недели, величина этого показателя во всех группах оставалась на уровне 81,1%. Таким образом, можно предположить, что на сохранность перепелов влияла не глубина подстилки, а жизнеспособность молодняка, которая во многом зависит от качества инкубационных яиц.

Таблица 1. Сохранность перепелов в первую неделю выращивания, %
Table 1. The safety of quails in the first week of cultivation, %

Возраст, суток	Группа		
	I (10 см)	II (7 см)	III (5 см)
1	100	100	100
2	94,6	97,3	91,9
3	86,5	91,9	91,9
4	86,5	83,8	91,9
5	86,5	83,8	89,2
6	83,8	83,8	83,8
7	81,1	81,1	81,1

Средняя живая масса перепелов в течение всего периода выращивания во всех группах находилась на одном уровне, что указывает на отсутствие влияния изучаемых вариантов глубины подстилки на величину этого показателя. Наибольшая разница по средней живой массе была отмечена между группами I и II в 4-недельном возрасте, она составляла 7,0 г, или 5,7%, но носила характер тенденции. Самый высокий среднесуточный прирост живой массы перепелов отмечен в группах II и III в возрасте 35 суток, он составил 4,0 г. Достоверных различий по величине этого показателя так же не наблюдали (табл. 2).

Таблица 2. Средняя живая масса перепелов, среднесуточный прирост живой массы, расход корма на 1 кг прироста живой массы
Table 2. The average live weight of quails and its average daily increase, as well as feed consumption for live weight gain

Возраст, суток	Средняя живая масса, г			Среднесуточный прирост живой массы, г			Расход корма на 1 кг прироста живой массы, кг		
	группа								
	I (10 см)	II (7 см)	III (5 см)	I (10 см)	II (7 см)	III (5 см)	I (10 см)	II (7 см)	III (5 см)
1	9,6±0,87	9,6±0,72	9,4±0,96	–	–	–	–	–	–
7	26,1±4,18	27,5±3,66	24,1±3,99	2,4	2,6	2,1	2,12	1,96	2,38
14	33,3±5,82	36,5±6,13	34,7±9,39	1,7	1,9	1,8	4,18	3,68	2,34
21	87,4±9,40	93,5±11,63	86,7±12,68	3,7	4,0	3,7	2,40	2,23	2,42
28	114,8±13,99	121,8±17,01	115,7±15,62	3,7	4,0	3,8	2,91	2,73	2,88
35	147,6±16,00	149,0±21,14	151,0±17,28	3,9	4,0	4,0	3,25	3,21	3,16
39	155,9±19,60	156,1±20,79	154,5±17,60	3,7	3,7	3,7	3,66	3,66	3,77

Критический период в потреблении и усвоении комбикорма для перепелат – первые 2 недели жизни, что связано с биологическими особенностями системы их пищеварения после вывода из яиц. В нашем исследовании за 2 недели выращивания расход корма на 1 кг прироста живой массы удалось снизить в группе III по сравнению с группами I и II, что, возможно, связано с частичным потреблением рассыпанного на подстилку комбикорма, помимо основной массы из кормушки. В группах I и II к концу второй недели выращивания на подстилке образовывалась помётная корка, что, по всей видимости, затрудняло потребление рассыпанного корма (табл. 2).

Напольное содержание перепелов не оказывает статистически достоверного воздействия на развитие мясных качеств. Выращивание

на глубокой подстилке позволило получить достаточно высокий для перепелов маньчжурской породы убойный выход 63,2-65,6% (табл. 3), что обуславливает перспективу использования напольного способа выращивания. Масса мышечного желудка самок в группе III была выше, чем в группах I и II, соответственно на 11,3 и 30,2%, что свидетельствует о более интенсивном пищеварении перепелов, выращиваемых на подстилке глубиной 5 см. Масса стоп в группах существенно не различалась и закономерно отличалась между группами в зависимости от средней живой массы перепелов.

Индекс продуктивности перепелов (ИПП) – комплексный показатель зоотехнической продуктивности, рассчитываемый путём отношения произведения сохранности поголовья птицы (%) и средней живой массы пере-

пелов (г) к производству срока выращивания (сутки) и расхода корма на 1 кг прироста живой массы (кг). Зоотехническая продуктивность птицы группы 3 по окончании экс-

перимента была ниже, чем в группах I и II на 4 единицы. Однако в 35-суточном возрасте самый высокий индекс продуктивности перепелов отмечен в группе III (табл. 4).

Таблица 3. Мясные качества перепелов в 39-суточном возрасте
Table 3. Meat qualities of quails at 39 days of age

Показатель	Группа					
	I (10 см)		II (7 см)		III (5 см)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Средняя живая масса, г	171,3±18,45	162,0±7,55	166,7±10,21	157,0±16,82	169,0±10,00	159,7±11,06
Средняя масса потрошенной тушки, г	111,3±14,57	102,3±4,16	108,3±8,62	100,0±14,73	109,7±10,58	104,7±10,07
Убойный выход, %	65,0±1,73	63,2±1,85	65,0±1,50	63,7±3,36	64,9±0,70	65,6±1,80
Средняя масса, г:						
грудных мышц	44,0±6,18	39,9±1,90	43,7±5,93	39,3±7,68	43,7±0,95	42,4±8,19
ножных мышц	23,8±3,29	22,2±1,45	22,8±1,65	21,5±1,98	23,1±1,98	24,1±4,28
сердца	1±0,01	1±0,01	1±0,01	1±0,01	1±0,01	1±0,01
печени	4,7±1,53	5,3±0,58	5,3±0,58	5,3±1,15	5,7±0,58	5,0±1,0
мышечного желудка	4,7±1,15	5,0±1,00	3,7±0,58	4,7±0,58	5,3±0,58	5,3±0,58
стоп	4,0±1,00	4,0±0,55	3,7±0,58	3,3±0,58	3,7±0,58	3,7±0,58

Таблица 4. Индекс продуктивности перепелов, единиц

Table 4. Quail productivity index, units

Возраст птицы, суток	Группа		
	I (10 см)	II (7 см)	III (5 см)
7	143	163	117
14	46	57	86
21	141	162	138
28	114	129	116
35	105	107	111
39	89	89	85

Самую высокую оценку по состоянию подошвы стоп получили самки и самцы группы 3, что указывает на более предпочтительную глубину подстилки 5 см. В среднем их превосходство по величине изучаемого показателя над птицей групп I и II на 1,4 балла. Подошва стоп перепелов в группе III была практически чистой, без ран и наростов (рис. 1, показано стрелкой), на подошве стоп птицы группы II отмечали мелкие раны и прилипший влажный помёт (см. рис. 1, показано стрелкой), что связано с образованием

твёрдой корки на верхнем слое подстилконого материала. Аналогичная с группой II картина наблюдается также в группе I (табл. 5).

Таблица 5. Оценка подошвы стоп птицы в 39-суточном возрасте и подстилки по интенсивности увлажнения, балл
Table 5. Assessment of the sole of the feet of a bird at 39 days of age and litter by moisture intensity, point

Показатель	Группа					
	I (10 см)		II (7 см)		III (5 см)	
Пол птицы	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Подошва стоп, балл	3,3	4,7	3,0	3,3	5,0	5,0
Подстилка, балл	5		4		2	

Наилучшее качество подстилки отмечено в группе III. Она была более сухой и рыхлой, по сравнению с подстилкой в группах I и II. Благодаря неглубокому слою насыпи в размере 5 см, верхний и нижний слои достаточно хорошо просыхали, чего нельзя сказать о подстилке глубиной 7 и 10 см. В среднем качество подстилки в группе III было на 2,5 балла выше, чем в группах I и II (см. табл. 5).



Рисунок 1. Подошва стоп перепелов
Figure 1. Soles of quail feet

Вся подстилка, на которой содержали птицу группы I, была влажной, без сухих зон, наблюдалось расслоение (рис. 2, показано стрелкой). При ворошении она отходила от поверхности пола твердыми комками. На поверхности подстилки формировалась толстая корка из опилок, помета, перьев птицы. У подстилки, на которой содержали перепелов группы II, отмечали сухие зоны (см. рис. 2, показано стрелкой). На ее поверхности также отмечали корку, но более мягкую, чем в группе I, она легко разламывалась в руках. При ворошении было видно, что нижний слой подстилки достаточно влажный, но рыхлый. Подстилка, на которой содержали птицу группы III, была сухой с несколькими влажными зонами, рыхлой по всей площади. Верхний слой был рыхлым, нижний – сухим и рассыпчатым.

Результаты расчёта экономической эффективности выращивания перепелов на мясо с учётом различной глубины подстилочного материала свидетельствуют, что с учётом наибольшей выручки благодаря продаже тушек перепелов лучшего качества (визуально меньшее количество ссадин и надрывов на коже птицы) и наименьшей себестоимости из-за снижения количества используемого подстилочного материала в группе III отмечена наибольшая прибыль в размере 5,2 тыс. руб. Это на 1,9 и 1,8 тыс. руб. больше, чем в группах I и II соответственно. В результате уровень рентабельности производства в группе III составил 5,7%, что на 2,1 и 2,0% выше, чем в группах I и II соответственно (табл. 6).



Рисунок 2. Качество подстилочного материала
Figure 2. Quality of bedding material

Таблица 6. Экономическая эффективность производства мяса перепелов на подстилке различной глубины насыпи в расчёте на 1000 голов
Table 6. Economic efficiency of the production of quail meat on a litter of various mound depths per 1000 heads

Показатель	Группа		
	I	II	III
Поголовье выращенных перепелов, голов	811	811	811
Производство мяса, кг	126,4	126,6	125,3
Выручка от реализации потрошенных тушек перепелов, тыс. руб.	95,6	96,1	96,5
Полная себестоимость мяса перепелов, тыс. руб.	92,3	92,7	91,3
Прибыль, тыс. руб.	3,3	3,4	5,2
Уровень рентабельности, %	3,6	3,7	5,7

Выводы. Средняя живая масса перепелов в течение всего периода выращивания во всех группах находилась на одном уровне, что указывает на отсутствие влияния изучаемых вариантов глубины подстилки на величину этого показателя. С целью рационального и экономичного использования подстилочного

материала (на примере древесных опилок) для напольного способа выращивания перепелов, улучшения мясных качеств и состояния подошвы стоп перепелят рекомендуется выращивать поголовье на подстилке глубиной 5 см.

Список литературы

1. Егоров И., Белякова Л. Кормление и содержание перепелов // Птицеводство. 2009. № 4. С. 31–33. EDN: OFTXHL
2. Lien R.J., Hess J.B. Conner D.E., Wood C.W., Shelby R.A. Peanut hulls as a litter source for broiler breeder replacement pullets // Poult. Sci. 1998;77(1):41–46. DOI: 10.1093/ps/77.1.41.
3. Grimes J.L., Carter T.A., Godwin J.L. Use of a litter material made from cotton waste, gypsum, and old newsprint for rearing broiler chickens // Poult. Sci. 2006;85(3):563–568. DOI: 10.1093/ps/85.3.563.
4. Hesham H. Mohammed, Enas N. Said and Shereen EL. Abdel-Hamid. Impact of different litter materials on behaviour, growth performance, feet health and plumage score of Japanese quail (*Coturnix japonica*) / European Poultry Science (EPS). 2017. Volume 81. DOI: 10.1399/eps.2017.172.
5. Shepherd E.M., Fairchild B.D., Ritz C.W. Alternative bedding materials and litter depth impact litter moisture and footpad dermatitis // Journal of Applied Poultry Research. 2017. Volume 26. Issue 4. Pp. 518–528. DOI: 10.3382/japr/pfx024.
6. Афанасьев Г. Д., Попова Л. А., Саиду С. Ш. Мясная продуктивность перепелов разного происхождения // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. С. 94–101. EDN: UDDNLJ
7. Интенсивность роста тела, внутренних органов, мышц и костей перепелов в зависимости от породы и пола / А. Б. Дымков, А. Б. Мальцев, М. Н. Радченко, С. В. Борисенко // Птицеводство. 2022. № 5. С. 13–18. DOI: 10.33845/0033-3239-2022-71-5-13-18. EDN: FJTMHD
8. Сравнительная оценка мясной продуктивности перепелов разного происхождения / Г. Д. Афанасьев, Л. А. Попова, С. Ш. Саиду, А. С. Комарчев // Птицеводство. 2015. № 4. С. 31–35. EDN: TWHNAD
9. Sohsuebngarm D., Kongpechr S., Sukon P. Microclimate, body weight uniformity, body temperature, and footpad dermatitis in broiler chickens reared in commercial poultry houses in hot and humid tropical climates // World Vet J. 2019;9(4):241–248. DOI: 10.36380/scil.2019.wvj30
10. Taira K., Nagai T., Obi T., Takase K. Effect of litter moisture on the development of footpad dermatitis in broiler chickens // The Journal of Veterinary Medical Science. 2014;76(4):583–586. DOI: 10.1292/jvms.13-0321.
11. Swiatkiewicz S., Arczewska-Wlosek A., Jozefiak D. The nutrition of poultry as a factor affecting litter quality and foot pad dermatitis – an updated review // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2017;101(5):e14–e20. DOI: 10.1111/jpn.12630.

12. Ahmed M.E., Shaaban S.E., Ensaf A.El-Full., Bothaina Y.M., Hamada E. Influence of Improved Microclimate Conditions on Growth and Physiological Performance of Two Japanese Quail Lines // *Animals (Basel)*. 2023;13(6):1118. DOI: 10.3390/ani13061118.

13. Banaszak M., Biesek J., Adamski M. Wheat litter and feed with aluminosilicates for improved growth and meat quality in broiler chickens // *Peer J*. 2021;9:e11918. DOI: 10.7717/peerj.11918

14. Tran S.T., Bowman M.E., Smith T.K. Effects of a silica-based feed supplement on performance, health, and litter quality of growing turkeys // *Poultry Science*. 2015. Volume 94. Issue 8. Pp. 1902–1908. DOI: 10.3382/ps/pev158.

References

1. Egorov I., Belyakova L. Feeding and keeping quails. *Ptitsevodstvo*. 2009;(4):31–33. (In Russ.). EDN: OFTXHL

2. Lien R.J., Hess J.B. Conner D.E., Wood C.W., Shelby R.A. Peanut hulls as a litter source for broiler breeder replacement pullets. *Poult. Sci*. 1998;77(1):41–46. DOI: 10.1093/ps/77.1.41.

3. Grimes J.L., Carter T.A., Godwin J.L. Use of a litter material made from cotton waste, gypsum, and old newsprint for rearing broiler chickens. *Poult. Sci*. 2006;85(3):563–568. Doi: 10.1093/ps/85.3.563.

4. Hesham H. Mohammed, Enas N. Said and Shereen EL. Abdel-Hamid. Impact of different litter materials on behaviour, growth performance, feet health and plumage score of Japanese quail (*Coturnix japonica*). *European Poultry Science (EPS)*. 2017;81. DOI: 10.1399/eps.2017.172.

5. Shepherd E.M., Fairchild B.D., Ritz C.W. Alternative bedding materials and litter depth impact litter moisture and footpad dermatitis. *Journal of Applied Poultry Research*. 2017;26(4):518–528. DOI: 10.3382/japr/pfx024.

6. Afanasyev G.D., Popova L.A., Saidu S.S. Quail meat productivity of different origin. *Izvestiya of Timiryazev agricultural academy*. 2015;(3):94–101. (In Russ.). EDN: UDDNLJ

7. Dymkov A.B., Maltsev A.B., Radchenko M.N., Borisenko S.V. Intensity of growth of the body, organs, muscles and bones in quails as affected by breed and gender. *Ptitsevodstvo*. 2022;(5):13–18. (In Russ.). DOI: 10.33845/0033-3239-2022-71-5-13-18. EDN: FJTMHD

8. Afanasyev G.D., Popova L.A., Saidu S.S., Komarchev A.S. Comparative assessment of meat productivity of quails of different origin. *Ptitsevodstvo*. 2015;(4):31–35. (In Russ.). EDN: TWHNAD

9. Sohsuebgarm D., Kongpechr S., Sukon P. Microclimate, body weight uniformity, body temperature, and footpad dermatitis in broiler chickens reared in commercial poultry houses in hot and humid tropical climates. *World Vet J*. 2019;9(4):241–248. DOI: 10.36380/scil.2019.wvj30

10. Taira K., Nagai T., Obi T., Takase K. The effect of litter moisture on the development of cushion dermatitis in broiler chickens. *Journal of Veterinary Medicine*. 2014;76(4):583–586. DOI: 10.1292/jvms.13-0321.

11. Swiatkiewicz S., Arczewska-Wlosek A., Jozefiak D. Poultry nutrition as a factor affecting the quality of litter and dermatitis of paw pads – an updated review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2017;101(5):e14–e20. DOI: 10.1111/jpn.12630.

12. Ahmed M.E., Shaaban S.E., Ensaf A.El-Full., Botaina Y.M., Hamada E. The influence of improved microclimate conditions on the growth and physiological parameters of two lines of Japanese quails. *Animals (Basel)*. 2023;13(6):1118. DOI: 10.3390/ani13061118.

13. Banaszak M., Biesek J., Adamski M. Wheat litter and feed with aluminosilicates to improve the growth and quality of meat of broiler chickens. *PeerJ*. 2021;9:e11918. DOI: 10.7717/peerj.11918

14. Tran S.T., Bowman M.E., Smith T.K. Effects of a silica-based feed supplement on performance, health, and litter quality of growing turkeys. *Poult. Sci*. 2015;94(8):1902–1908. DOI: 10.3382/ps/pev158.

Сведения об авторах

Малородов Виктор Викторович – 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: 9771-8500

Полякова Валерия Евгеньевна – магистрант направления подготовки 36.04.02 Зоотехния, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

Голентовский Денис Николаевич – аспирант кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», SPIN-код: 3251-5886

Эдилова Амина Абдуллаевна – аспирант кафедры частной зоотехнии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

Information about the authors

Viktor V. Malorodov – PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Special Animal Husbandry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, SPIN-code: 9771-8500

Valeriya E. Polyakova – Master student of the Department of Special Animal Husbandry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Denis N. Golentovskij – Postgraduate student of the Department of Special Animal Husbandry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, SPIN-code: 3251-5886

Amina A. Edilova – Postgraduate student of the Department of Special Animal Husbandry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning and analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 08.11.2024;
одобрена после рецензирования 25.11.2024;
принята к публикации 05.12.2024.*

*The article was submitted 08.11.2024;
approved after reviewing 25.11.2024;
accepted for publication 05.12.2024.*

Научная статья

УДК 636.22/.28.087.8-053.2

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-55-63

Влияние пробиотиков в рационах молодняка крупного рогатого скота на биологические и хозяйственные особенности

Юлия Васильевна Матросова^{✉1}, Александр Александрович Овчинников²,
Дмитрий Александрович Савенко³, Ольга Семеновна Якушенко⁴

^{1,2,3}Южно-Уральский государственный аграрный университет, улица имени Ю. А. Гагарина, 13, Троицк, Россия, 457100

⁴Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}matrosova.yuv@sursau.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0980-3195>

²ovchin@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7530-3159>

³dimansavenko1997@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-0101-8520>

⁴Olgaolga6.01.1953@gmail.com

Аннотация. Работа выполнена на базе ТОО «Беркут» Республики Казахстан на молодняке крупного рогатого скота с целью сравнительной оценки обменных процессов в организме телят на фоне применения в рационе кормления пробиотиков РуминПро и Актисаф. Добавка дрожжевых пробиотиков РуминПро и Актисаф в рационе телят молочного периода в дозе 3 г/гол. в сутки показало их положительное влияние на уровень ферментативной активности микробиома рубца в его ферментации легко и трудно расщепляемых углеводов, а также протеолитической активности. При этом РуминПро обеспечил повышение в химусе рубца общего белка на 13%, в том числе белкового азота – на 20,1%, а ЛЖК – на 15%, в то время как с Актисафом различие составило 5,8%, 9,1 и 7,0% соответственно. Снижение уровня аммиака в содержимом рубца в группе с добавкой РуминПро на 14,8% показало его большее поступление в печень для синтеза белка, в группе с Актисаф – различие составило только 6,9%. За период выращивания в организме телят с добавкой РуминПро отмечена более высокая белковосинтезирующая функция печени и повышение содержания общего белка в крови от 0,6 до 5,6%, оптимизация отношения альбумина к глобулину (1,3). Пробиотики в обеих группах телят повысили щелочной резерв крови, уровень каротина в крови и не оказали отрицательного влияния на минеральный обмен кальция, фосфора и магния. Добавка РуминПро увеличила живую массу телят к шестимесячному возрасту на 4,9%, Актисаф – на 1,7%. Среднесуточный прирост молодняка с использованием РуминПро превосходил контрольную группу на 5,76% ($P \leq 0,001$), с Актисаф – на 1,71% ($P \leq 0,001$), что позволило повысить рентабельность производства живой массы телят молочного периода выращивания на 2,7% и на 0,5% соответственно.

Ключевые слова: телята, пробиотические добавки, РуминПро, Актисаф, кровь, рубцовое пищеварение, прирост, живая масса, затраты корма

Для цитирования. Матросова Ю. В., Овчинников А. А., Савенко Д. А., Якушенко О. С. Влияние пробиотиков в рационах молодняка крупного рогатого скота на биологические и хозяйственные особенности // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 55–63. doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-55-63

Original article

The Influence of Probiotics in the Diets of Young Cattle on Biological and Economic Characteristics

Yulia V. Matrosova^{✉1}, Alexander A. Ovchinnikov², Dmitry A. Savenko³,
Olga S. Yakushenko⁴

^{1,2,3}South Ural State Agrarian University, 13 Yu.A. Gagarin Street, Troitsk, Russia, 457100

⁴Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

Abstract. The work was carried out on the basis of Berkut LLC, Republic of Kazakhstan, on young cattle with the aim of comparative evaluation of metabolic processes in the body of calves against the background of the use of probiotics RuminPro and Actisaf in the feeding diet. The addition of yeast probiotics RuminPro and Actisaf to the diet of calves of the milk period at a dose of 3 g / head per day showed their positive effect on the level of enzymatic activity of the rumen microbiome in its fermentation of easily and difficultly split carbohydrates, as well as proteolytic activity. At the same time, RuminPro provided an increase in the total protein in the rumen chyme by 13%, including protein nitrogen – by 20.1%, and VFA – by 15%, while with Actisaf the difference was 5.8%, 9.1 and 7.0%, respectively. A 14.8% decrease in the ammonia level in the rumen contents in the RuminPro supplement group showed its greater entry into the liver for protein synthesis, while in the Actisaf group the difference was only 6.9%. During the growing period, the calves with RuminPro supplement demonstrated a higher protein-synthesizing function of the liver and an increase in the total protein content in the blood from 0.6 to 5.6%, and an optimization of the albumin to globulin ratio (1.3). In both groups of calves, probiotics increased the carotene level in the blood, the alkaline reserve of the blood, and did not have a negative effect on the mineral metabolism of calcium, phosphorus, and magnesium. The RuminPro supplement increased the live weight of calves by six months of age by 4.9%, and Actisaf by 1.7%. The average daily gain of young animals using RuminPro exceeded the control group by 5.76% ($P \leq 0.001$), with Actisaf – by 1.71% ($P \leq 0.001$), which made it possible to increase the profitability of live weight production of calves in the dairy period by 2.7% and 0.5%, respectively.

Keywords: calves, probiotic supplements, Romanian Pro, Actisaf, blood, scar digestion, gain, live weight, feed costs

For citation. Matrosova Yu.V., Ovchinnikov A.A., Savchenko D.A., Yakushenko O.S. The Influence of Probiotics in the Diets of Young Cattle on Biological and Economic Characteristics. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):55–63. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-55-63

Введение. Одной из главных задач молочного скотоводства является обеспечение высоких темпов роста и развития молодняка, которое напрямую зависит от сбалансированных рационов, соответствующих норм кормления [1, 2].

Влияние кормов на увеличение продуктивности в основном связано с уровнем переваривания и усвоения питательных веществ рациона. В то же время степень усвоения и трансформации питательных веществ, потребляемых в рационе, и метаболическая энергия корма во многом зависят от уровня обмена веществ, который может существенно регулироваться введением новых кормовых

добавок – пробиотиков – комплекса живых микроорганизмов, способных улучшать микрофлору пищеварительного тракта, а также повысить продуктивность животного [3–6].

Даже в малых дозах пробиотики в организме выполняют функции, связанные с иммуномодуляцией. Это позволяет предположить связь между колонизацией желудочно-кишечного тракта микробными сообществами и иммунным состоянием организма [4].

Перспективным является использование пробиотиков для молодняка животных в виде профилактических и лечебных средств, в виде стимуляторов роста. В связи с этим в последние годы активизировался научно-

практический интерес к исследованиям, связанным с разработкой технологии использования соответствующих препаратов в кормлении молодняка [7, 8].

Цель исследования – сравнить обменные процессы молодняка крупного рогатого скота при использовании в рационе кормления пробиотиков РуминПро и Актисаф.

Материалы, методы и объекты исследования. Работа выполнена на базе ТОО «Беркут» Республики Казахстан на молодняке крупного рогатого скота голштинской породы. Для эксперимента были сформированы по принципу аналогов три группы телят по 15 голов в каждой. Телята контрольной группы получали рацион кормления, принятый на предприятии, молодняк опытных групп дополнительно к основному рациону получали дрожжевые пробиотики в количестве 3 г на голову. Телята I опытной группы получали добавку РуминПро, II опытной – Актисаф.

Пробиотическая добавка РуминПро Российского производства получена специалистами компании ООО «Профессиональные Корма» (г. Санкт-Петербург). В ее состав входит штамм живых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* RP-1705, $1,0 \times 10^9$ КОЕ/г, нанесенных на доломитовую муку.

Кормовая добавка Актисаф Sc 47 компании Phileo by Lesaffre (Франция) представляет собой высушенную культуру живых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* (штамм NCYC Sc 47), в 1 г которой содержится не менее $1,0 \times 10^{10}$ КОЕ колониеобразующих единиц *Saccharomyces cerevisiae*.

Кормовые добавки каждому животному раздавались индивидуально при выпойке молозива и молока, в последующем с концентратной частью рациона групповым способом. На протяжении шести месяцев учитывали живую массу телят с дальнейшим расчетом абсолютного и среднесуточного прироста.

У телят в возрасте 2 и 6 месяцев брали кровь у пяти голов из каждой группы с целью сравнения отдельных биохимических показателей крови для определения степени направленности обмена веществ в организме. В 6 месячном возрасте определяли по общепринятым методикам в содержимом рубца общий азот, небелковый и белковый азот, ЛЖК, рН и аммиак. Взятия химуса рубца проводили через три часа после утреннего кормления молодняка.

Затраты корма на единицу произведенной продукции рассчитывали по фактически потребленному количеству корма телятами за учетный период и полученного прироста живой массы.

Полученные в исследованиях цифровые данные обработаны методом вариационной статистики с определением уровня значимости ($P > 0,05$; $P > 0,01$; $P > 0,001$).

Результаты исследования. В течение всего учетного периода животные контрольной и опытных групп, согласно установленной в хозяйстве схемы кормления, получали одинаковое количество молочных кормов. Различие в потреблении других видов кормов учитывалось на основе контрольного кормления, что позволило рассчитать за исследуемый период средние рационы кормления (табл. 1).

Структура рациона включала: молочные корма – 26,5-26,6%; грубые – 16,8-17,7%, сочные – 8,8-9,0%, концентраты – 46,7-47,8%. Уровень сырого протеина составил 19,1-19,3%, сырой клетчатки – 15,9-16,3%, концентрация обменной энергии 11,98-12,08 МДж, отношение макроэлементов (кальция к фосфору) – 1,4:1. Количество переваримого протеина на 1 ЭКЕ увеличивалось до 122 г в I опытной группе и до 119 г во II опытной группе, в контрольной группе показатель составил 117 г.

Использование дрожжевых пробиотиков РуминПро и Актисаф в кормлении телят положительно оказало действие на показатели рубцового пищеварения (табл. 2).

Реакция среды содержимого рубца телят опытных групп снижалась по сравнению с контрольной группой и составила в I опытной группе до 6,06 ед. ($P \leq 0,05$), во II опытной – до 6,13 ед. ($P \leq 0,05$) против 6,33 ед. в контрольной группе. Пробиотики положительно повлияли на уровень ферментации легко и трудно расщепляемых углеводов, так, общее количество летучих жирных кислот в содержимом рубца опытных группах увеличилось в сравнении с контрольной группой на 15,0% в I опытной и на 7,0% – во II опытной группе.

Использование РуминПро и Актисаф способствовало активизации протеолитической активности рубцовой микрофлоры. Так, общий азот у телят I опытной группы в сравнении с контрольной увеличился в единице объема химуса на 13,0% ($P \leq 0,01$), во II группе – на 5,8% ($P \leq 0,05$). При этом количество небелкового азота уменьшилось соответ-

венно на 4,9% и на 2,4%, а белкового, наоборот, возросло на 20,1% ($P \leq 0,01$) и 9,1%. Уровень аммиака снизился в опытных группах в сравнении с контрольной группой на 14,8% ($P \leq 0,05$) и 6,9%.

Изучение уровня обменных процессов в организме животных показало (табл. 3), что с возрастом телят и продолжительностью скармливания пробиотиков им он изменился.

Таблица 1. Среднесуточный рацион кормления телят за период научно-хозяйственного опыта

Table 1. Average daily calves feeding ration for the period of scientific and economic experience

Корм	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Молозиво, кг	0,1	0,1	0,1
Молоко, кг	0,2	0,2	0,2
ЗЦМ, кг	0,44	0,44	0,44
Сено, кг	0,70	0,71	0,75
Сенаж, кг	0,43	0,43	0,44
Силос, кг	0,43	0,43	0,44
Комбикорм (предстартер), кг	0,26	0,26	0,26
Комбикорм (стартер), кг	0,69	0,69	0,66
Комбикорм (хозяйства), кг	0,21	0,21	0,21
Соль поваренная, г	14	14	14
Мед, г	2,0	2,0	2,0
РуминПро, г	–	3	–
Актисаф, г	–	–	3
В рационе содержится:			
ЭКЕ	2,89	2,90	2,90
Обменной энергии, МДж	28,85	28,92	28,94
Сухого вещества, г	2388	2396	2415
Сырого протеина, г	460	461	461
Переваримого протеина, г	335	349	338
Сырой клетчатки, г	379	382	394
Сырого жира, г	143	143	14
Крахмала, г	284	284	280
Сахара, г	255	256	255
Кальция, г	23,9	24,0	24,0
Фосфора, г	13,0	13,0	13,0
Меди, мг	14,0	14,1	14,1
Цинка, мг	130	130	129
Кобальта, мг	1,0	1,1	1,1
Марганца, мг	64,4	64,9	68,1
Железа, мг	270	272	276
Серы, г	2,6	2,6	2,6
Магния, г	3,7	3,8	3,9
Витамина Д, тыс. МЕ	5,21	5,22	5,31
Концентрация питательных веществ в 1 кг сухого вещества			
КОЭ, МДж	12,08	12,07	11,98
Сырой протеин, %	19,3	19,2	19,1
Переваримого протеина на 1 ЭКЕ, г	117	122	119
Сырая клетчатка, %	15,9	15,9	16,3
Отношение кальция к фосфору	1,4	1,4	1,4

Таблица 2. Отдельные показатели рубцового пищеварения телят через 3 часа после кормления
($X \pm mx$, $n=3$)

Table 2. Individual indicators of cecotrial digestion of calves 3 hours after feeding ($X \pm mx$, $n=3$)

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Общий азот, ммоль/л	143,33±1,76	162,00±1,87**	151,67±2,27*
Небелковый азот, ммоль/л	40,67±1,20	38,67±1,08	39,67±2,16
Белковый азот, ммоль/л	102,66±1,67	123,33±2,68**	112,00±4,42
ЛЖК, ммоль/100 мл	12,83±1,64	14,76±0,39	13,73±0,90
pH, ед.	6,33±0,01	6,06±0,07*	6,13±0,06*
Аммиак, ммоль/л	20,62±0,50	17,56±0,58*	19,20±0,63

Таблица 3. Биохимические показатели крови телят, ($X \pm m_x$, $n=5$)

Table 3. Biochemical parameters of calves' blood, ($X \pm m_x$, $n=5$)

Показатель	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
2 месяца			
Общий белок, г/л	64,26±3,42	64,66±1,89	60,78±0,98
Альбумины, %	50,2±4,84	53,63±1,49	56,75±0,83
α-глобулины	8,92±1,05	9,99±0,71	11,32±1,88
β- глобулины	14,24±0,76	14,14±0,52	13,4±1,23
γ-глобулины	26,64±5,25	22,33±1,25	18,53±1,79
Глюкоза, ммоль/л	5,31±0,59	3,88±0,14*	5,58±0,75
Холестерин, ммоль/л	2,59±0,14	2,44±0,13	2,44±0,34
Общие липиды, г/л	3,99±0,14	3,47±0,14*	3,85±0,28
Мочевина, ммоль/л	3,00±0,42	2,50±0,15	7,18±3,16
β- липопротеиды, мг%	72,4±6,96	63,32±5,95	76,14±9,35
Кальций, ммоль/л	2,74±0,08	2,55±0,08	2,67±0,09
Фосфор, ммоль/л	1,79±0,07	1,87±0,13	1,93±0,11
Магний, ммоль/л	0,82±0,07	1,07±0,04*	0,94±0,03
Щелочной резерв, % об. CO ₂	39,4±1,68	48,40±1,68**	44,80±2,46
АсАТ, ммоль/л	1,19±0,07	1,46±0,22	1,72±0,29
АлАТ, ммоль/л	0,47±0,08	0,68±0,11	0,67±0,14
Железо сывороточное, мкмоль/л	20,88±2,51	20,70±1,32	19,28±1,9
Щелочная фосфатаза, ед/л	237,80±37,39	282,48±31,49	380,28±59,9
6 месяцев			
Общий белок, г/л	75,86±1,27	80,14±1,75	81,86±1,84*
Альбумины, %	38,90±1,35	50,96±6,00	43,76±0,99*
α-глобулины	11,04±1,61	12,76±0,91	11,94±1,72
β- глобулины	14,12±1,63	13,36±0,86	11,72±1,66
γ-глобулины	35,94±1,73	28,32±1,21**	32,58±3,11
Глюкоза, ммоль/л	4,16±0,14	3,92±0,04	4,12±0,20
Холестерин, ммоль/л	2,74±0,21	3,05±0,05	4,24±0,38**
Общие липиды, г/л	2,80±0,20	2,85±0,19	3,85±0,28*
Мочевина, ммоль/л	3,12±0,21	2,63±0,17	2,38±0,11*
β- липопротеиды, мг%	54,46±3,54	63,54±3,63	75,88±2,32***
Кальций, ммоль/л	2,57±0,07	2,29±0,07*	2,32±0,09
Фосфор, ммоль/л	1,63±0,15	1,85±0,22	1,32±0,07
Магний, ммоль/л	0,85±0,04	0,94±0,03	0,81±0,04
Щелочной резерв, % об. CO ₂	52,88±1,67	42,10±1,10***	48,40±2,20
Каротин, мг%	0,20±0,02	0,84±0,03***	0,7±0,07***
АсАТ, ммоль/л	1,65±0,09	1,79±0,11	1,78±0,07
АлАТ, ммоль/л	1,20±0,13	1,11±0,01	1,19±0,14
Железо сывороточное, мкмоль/л	20,60±1,35	20,12±0,36	19,22±0,41
Щелочная фосфатаза, ед/л	190,18±19,76	227,40±11,22	204,00±23,84

Так, в двухмесячном возрасте у группы с добавкой Актисаф содержание общего белка было самым низким (60,78 г/л) и азотистые вещества корма хуже использовались в организме, что подтверждает высокий уровень мочевины в крови (7,18 ммоль/л). В то же время в I опытной группе наблюдается тенденция снижения мочевины при одинаковом количестве общего белка в сыворотке крови. Количество глюкозы крови у телят в 2-месячном возрасте в первой опытной группе соответствовало верхней границе референтных величин 3,88 ммоль/л, во второй опытной группе данный показатель был выше и составил 5,58 ммоль/л и в контрольной – 5,31 ммоль/л. Изменения углеводно-белкового обмена в крови телят данной группы свидетельствует о перераспределении углеводов в гликоген мышечной ткани, что обеспечило лучший рост и развитие животных данной группы. Снижение уровня общих липидов под влиянием добавки РуминПро можно расценивать как положительный момент использования липидов рациона, как пластический материал для энергетических процессов в организме, о чем можно судить по тенденции повышения в крови животных ферментов переаминирования. Включение в кормовой рацион пробиотиков РуминПро и Актисаф позволило нормализовать кислотно-щелочное равновесие в организме телят. Так, щелочной резерв крови в первой опытной группе в 2-месячном возрасте составил 48,40 об%СО₂, во второй – 44,80 об%СО₂. В контрольной группе констатировали развитие кетоза и снижение данного показателя до 39,4 об%СО₂.

В шестимесячном возрасте отмечается положительная динамика повышения уровня общего белка в крови телят опытных групп – на 5,6% в I и на 7,9% – во II опытной группе (P≤0,05). Оптимальное отношение альбумина к глобулину было в первой опытной группе и составило – 1,3, тогда как во II опытной – 0,8, в контрольной группе – 0,6. Дрожжевой пробиотик РуминПро оказал более благоприятное влияние на белковосинтезирующую функцию печени в данной группе телят, что также подтверждается снижением глюкозы и использованием белка на синтез гликогена в клетках мышечной ткани. Повышение щелочной фосфатазы в крови жи-

вотных данной группы подтверждает повышенную анаболическую направленность данного процесса. Однако следует отметить и незначительное снижение щелочного резерва, что требует корректировки рациона для его выравнивания.

Холестерин во всех группах соответствовал нормативным данным, так, в крови телят в шестимесячном возрасте был выше во II опытной группе, что составило 4,24 ммоль/л, в I опытной – 3,05 ммоль/л, в контрольной – 2,74 ммоль/л.

Ферменты переаминирования аминокислот АсАТ и АлАТ в опытных группах существенного отличия не имели. Но наиболее физиологически благоприятное их соотношение в крови показала добавка РуминПро. В данной группе отмечено снижение АлАТ на фоне повышения АсАТ по сравнению с другими группами. В результате чего коэффициент де Ритиса в данной группе составил 1,6, во второй опытной группе – 1,5 и в контрольной он был самым высоким – 3,0. Кроме этого, обе кормовые добавки оказали достоверное положительное влияние на усвоение организмом телят каротина.

Положительное действие пробиотиков определенным образом отразилось на показателях роста телят (табл. 4).

Добавка пробиотиков в рацион телят опытных групп уже в месячном возрасте обеспечила увеличение их живой массы в I опытной группе на 1,98% (P≤0,001), во II опытной группе только на 0,38%. Данная закономерность в росте телят контрольной и опытных групп наблюдалась до конца молочного периода выращивания.

В результате чего в шестимесячном возрасте лучшие показатели по абсолютному приросту наблюдались у животных I опытной группы, имевших среднюю живую массу 159,05 кг, во II опытной группе он был ниже и составил 152,95 кг. За период исследований среднесуточный прирост телят в I опытной группе превосходил контрольную группу на 5,76% (P≤0,001), во II опытной – на 1,71% (P≤0,001).

Использование дрожжевых пробиотиков в рационах телят повлияло на рентабельность производства, так, данный показатель был выше на 2,7% в I опытной группе и на 1,1% во II опытной группе, в контрольной группе данный показатель составил 10,2%.

Таблица 4. Динамика живой массы телят за период выращивания, кг
Table 4. Dynamics of live weight of calves during the growing period, kg

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Живая масса, кг: при рождении	35,63±0,08	36,07±0,06	36,25±0,09
1 мес.	55,39±0,17	56,49±0,24***	55,18±0,19
2 мес.	75,74±0,27	78,50±0,29***	76,79±0,24**
3 мес.	97,67±0,34	101,75±0,27***	100,34±0,14***
4 мес.	120±0,28	125,85±0,18***	123,84±0,17***
5 мес.	151,81±0,41	158,79±0,20***	154,73±0,19***
6 мес.	186,01±0,39	195,12±0,13***	189,21±0,19***
Абсолютный пророст живой массы за период выращивания, кг	150,38±0,40	159,05±0,13***	152,95±0,60***
Среднесуточный прирост, г	835,44±2,23	883,59±0,71***	849,75±0,89***

Проведенные ранее исследования в области использования пробиотических добавок в рационах молодняка крупного рогатого скота согласуются с нашими данными. Так, использование дрожжевой пробиотической добавки Оптисаф в кормлении телят повышает живую массу на 5,03 [9]. Ф. С. Хазиахметов и др. [10] доказали, что увеличение среднесуточных приростов на 10,6% при снижении затрат корма и повышении рентабельности произ-

водства происходит под действием пробиотика Витафорт.

Выводы. Для оптимизации процессов пищеварения в организме молодняка крупного рогатого скота молочного периода выращивания целесообразно использовать отечественный дрожжевой пробиотик РуминПро в количестве 3 г/голову, что позволит увеличить живую массу молодняка к 6-месячному возрасту и рентабельность производства на 1,1-2,7%.

Список литературы

1. Ивановский А. А. Применение Руменокса телятам // Эффективное животноводство. 2024. № 3(193). С. 80-81. DOI: 10.24412/cl-33489-2024-3-80-81. EDN НАКQUT.
2. Использование пробиотика «Лактоамиловорин» в кормлении телят / А. А. Барымов, И. В. Глебова, О. П. Барымова, С. П. Бугаев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 70-73. EDN: YKMJEY
3. Тагиров Х. Х., Хазиахметов Ф. С., Андриянова Э. М. Влияние пробиотика Кормозим-П на микрофлору кишечника и показатели крови телят молочного периода // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 2. С. 176-184. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-176. EDN: SIKDOR
4. Иммунный статус телят молочного периода роста при комбинированном применении пробиотиков и пребиотиков / А. В. Андреева, З. З. Ильясова, О. М. Алтынбеков, А. З. Хакимова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2022. Т. 249. № 1. С. 10-14. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_1_249_10. EDN: PONFPK
5. Влияние пробиотика «Румит» на биохимические параметры крови и прирост телят / Ю. М. Смирнова, А. С. Литонина, М. В. Петухова, Е. Е. Хоштария // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59. № 4. С. 108-115. DOI: 10.54258/20701047_2022_59_4_108. EDN: QEFFJQ
6. Сабитов М. Т., Фархутдинова А. Р., Галлямов Ф. Н. Особенности обмена некоторых микроэлементов у нетелей при скармливании им комплексной минерально-витаминной кормовой добавки // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 3. С. 70-81. DOI: 10.33284/2658-3135-104-3-70. EDN: XUBOJH
7. Тюкавкина О. Н., Краснощекова Т. А. Влияние пробиотика «Витацелл» на показатели роста и гематологический статус телят // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 4(52). С. 102-109. DOI: 10.24411/1999-6837-2019-14060. EDN: XGRLEG

8. Мясная продуктивность бычков бестужевской породы при использовании ферментной добавки с включением микроэлементов / О. В. Назарченко, Н. Г. Фенченко, Н. И. Хайруллина [и др.] // Главный зоотехник. 2024. № 6(251). С. 17–29. DOI: 10.33920/sel-03-2406-02. EDN: HMJGML.

9. Влияние дрожжевых пробиотических добавок на рост и развитие молодняка крупного рогатого скота / И. Н. Миколайчик, Л. А. Морозова, Е. С. Ступина, Н. А. Субботина // Животноводство и кормопроизводство. 2017. № 1(97). С. 86–92. EDN: YHPSPF

10. Хазиахметов Ф. С., Хабиров А. Ф., Авзалов Р. Х. Результаты использования пробиотика Витафорт в рационах молодняка сельскохозяйственных животных // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3(59). С. 140–143. EDN: WG XUAX

References

1. Ivanovsky A.A. Application of Rumenox to calves. *Effective Animal Husbandry*. 2024;3(193):80-81. (In Russ.). DOI: 10.24412/cl-33489-2024-3-80-81. EDN HAKQUT

2. Barymov A.A., Glebova I.V., Barymova O.P., Bugaev S.P. The use of the probiotic "Lactoamylovorin" in calf feeding. *Vestnik of Kursk state agricultural academy*. 2021;(3):70–73. (In Russ.). EDN: YKMJEY

3. Tagirov H.H., Khaziakhmetov F.S., Andrianova E.M. The effect of the probiotic Kormozim-P on the intestinal microflora and hematological parameters of dairy calves. *Animal husbandry and fodder production*. 2023;106(2):176–184. (In Russ.). DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-176. EDN: SIKDOR

4. Andreeva A.V., Ilyasova Z.Z., Altynbekov O.M., Khakimova A.Z. Immune status of calves of the dairy period growth in the combined use of probiotics and prebiotics. *Scientific notes Kazan Bauman state academy of veterinary medicine*. 2022;249(1):10–14. (In Russ.). DOI: 10.31588/2413_4201_1883_1_249_10. EDN: PONFPK

5. Smirnova Yu.M., Litonina A.S., Petukhova M.V., Khoshtaria E.E. The influence of the probiotic "Rumit" on the blood biochemical parameters and on the calves' growth. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2022;59(4):108–115. (In Russ.). DOI: 10.54258/ 20701047_2022_59_4_108. EDN: QEFFJQ

6. Sabitov M.T., Farkhutdinova A.R., Gallyamov F.N. Peculiarities of exchange of some trace elements in heifers after feeding them with a complex mineral and vitamin feed additive. *Animal husbandry and fodder production*. 2021;104(3):70–81. (In Russ.). DOI: 10.33284/2658-3135-104-3-70. EDN: XUBOJH

7. Tyukavkina O.N., Krasnoshchekova T.A. Influence of probiotic "Vitacell" on growth parameters and hematological status of calves. *Far East agrarian herald*. 2019;4(52):102–109. (In Russ.). DOI: 10.24411/1999-6837-2019-14060. EDN: XGRLEG

8. Nazarchenko O.V., Fenchenko N.G., Khairullina N.I. [et al.]. Beef productivity of steers of Bestuzhev breed when using an enzyme additive with including of microelements. *Glavnyi zootekhnik* [Head of animal breeding]. 2024;6(251):17–29. (In Russ.). DOI: 10.33920/sel-03-2406-02. EDN: HMJGML

9. Mikolajchik I.N., Morozova L.A., Stupina E.S., Subbotina N.A. Influence of yeast probiotic supplements on growth and development of young cattle. *Animal husbandry and fodder production*. 2017;1(97):86–92. (In Russ.). EDN: YHPSPF

10. Khaziakhmetov F.S., Khabirov A.F., Avzalov R.H. The results of including the Vitafort probiotic in the diets of young farm animals. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2016;3(59):140–143. (In Russ.). EDN: WG XUAX

Сведения об авторах

Матросова Юлия Васильевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры птицеводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет», SPIN-код: 9094-9695

Овчинников Александр Александрович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет», SPIN-код: 5382-8651

Савенко Дмитрий Александрович – аспирант кафедры птицеводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет» SPIN-код: 1265-9769

Якушенко Ольга Семеновна – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной-экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5383-1014

Information about the authors

Yulia V. Matrosova – Doctor of Agricultural Sciences, Head of Department, Professor of the Department of Poultry Farming, South Ural State Agrarian University, SPIN-code: 9094-9695

Alexander A. Ovchinnikov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Feeding, Animal Hygiene, Technology of Production and Processing of agricultural Products, South Ural State Agrarian University, SPIN-code: 5382-8651

Dmitry A. Savchenko – Postgraduate student of the Poultry Department, South Ural State Agrarian University, SPIN-code: 1265-9769

Olga S. Yakushenko – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science and Veterinary-Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 5383-1014

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 06.11.2024;
одобрена после рецензирования 22.11.2024;
принята к публикации 05.12.2024.*

*The article was submitted 06.11.2024;
approved after reviewing 22.11.2024;
accepted for publication 05.12.2024.*

Обзорная статья

УДК 636.22/.28(470+571)

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-64-78

Мясное скотоводство Российской Федерации: точки роста

Дагир Рамазанович Смакуев¹, Рустам Заурбиевич Абдулхаликов²,
Мухамед Музачирович Шахмурзов³, Виталий Хакяшевич Вороков⁴,
Анатолий Фоадович Шевхужев^{✉5}

¹Северо-Кавказская государственная академия, улица Ставропольская, 36, Черкесск, Россия, 369001

^{2,3}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1 в, Нальчик, Россия, 360030

⁴Кубанский государственный аграрный университет, улица Калинина, 13, Краснодар, Россия, 350044

⁵Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, улица Никонова, 49, Михайловск, Россия, 356241

¹finhammer@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7935-5901>

²rustam742008@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2807-7611>

³shahmih@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3066-7829>

⁴animal-husbandry@kubsau.ru, <https://orcid.org/0009-0004-4018-9597>

^{✉5}shevkhezhevaf@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9164-4199>

Аннотация. За последние годы в Российской Федерации наблюдается сокращение доли производства крупного рогатого скота в живой массе в общем объеме производства скота и птицы с 21,3% в 2015 году до 17,3% в 2023 г. Проведенный анализ развития мясного скотоводства, а также комплексная оценка пробонитированного поголовья позволили определить основные точки дальнейшего отраслевого роста. Одной из них является структурный сдвиг производства в сторону крупных товарных сельскохозяйственных предприятий, имеющих мощную ресурсную базу. За 2015-2023 гг. количество племенных стад в стране сократилось на 22,5%, а численность племенных животных уменьшилась на 25,4%. В настоящее время в стране насчитывается 13 специализированных мясных пород и 9 внутривидовых типов. Основными из них являются калмыцкая, герефордская, казахская белоголовая, абердин-ангусская породы, на долю которых приходится 96,2% от общего поголовья. При этом наибольший прирост поголовья за 2015-2023 гг. показали животные русской комолой, галловейской и герефордской пород при резком сокращении абердин-ангусского, лимузинского, шаролежского, калмыцкого и симментальского скота. По данным бонитировки скота за 2023 год среднесуточные приросты живой массы выше среднеотраслевых значений имели бычки симментальской, шаролежской, лимузинской пород и породы бланк-блю бельж, а также тёлки породы обрак, бланк-блю бельж, шаролежской, симментальской и абердин-ангусской. Данные о возрастной структуре коров в племенных стадах свидетельствуют об эффективном использовании их маточного поголовья. Однако и здесь имеются точки для дальнейшего роста, связанные с оптимизацией воспроизводства мясного скота, на что указывает такой показатель, как доля коров старше 8 лет свыше 40% у казахской белоголовой, лимузинской пород и породы обрак.

Ключевые слова: мясной подкомплекс АПК, региональные мясные кластеры, точки отраслевого роста, структура мясного производства, география мясного производства, племенные стада, породный состав, племенной состав, продуктивный потенциал, воспроизводство скота

Для цитирования. Смакуев Д. Р., Абдулхаликов Р. З., Шахмурзов М. М., Вороков В. Х., Шевхужев А. Ф. Мясное скотоводство Российской Федерации: точки роста // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 64–78.

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-64-78

Review article

Beef Cattle Breeding in the Russian Federation: Points of Growth

Dagir R. Smakuev¹, Rustam Z. Abdulkhalikov², Mukhamed M. Shakhmurzov³,
Vitaly Kh. Vorokov⁴, Anatoly F. Shevkhuzhev⁵

¹North Caucasian State Academy, 36 Stavropol Street, Cherkessk, Russia, 369001

^{2,3}Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1 v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

⁴Kuban State Agrarian University, 13 Kalinin Street, Krasnodar, Russia, 350044

⁵North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonov Street, Mikhailovsk, Russia, 356241

¹finhammer@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7935-5901>

²rustam742008@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2807-7611>

³shahmih@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3066-7829>

⁴animal-husbandry@kubsau.ru, <https://orcid.org/0009-0004-4018-9597>

⁵shevkhuzhevaf@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9164-4199>

Abstract. In recent years, the Russian Federation has seen a reduction in the share of cattle production in live weight in the total volume of livestock and poultry production from 21.3% in 2015 to 17.3% in 2023. The conducted analysis of the development of beef cattle breeding, as well as a comprehensive assessment of the probonitized livestock, made it possible to identify the main points of further industry growth. One of them is the structural shift in production towards large commercial agricultural enterprises with a strong resource base. In 2015-2023, the number of breeding herds in the country decreased by 22.5%, and the number of breeding animals decreased by 25.4%. Currently, there are 13 specialized meat breeds and 9 intra-breed types in the country. The main ones are the Kalmyk, Hereford, Kazakh white-headed, Aberdeen Angus breeds, which account for 96.2% of the total livestock. The largest increase in livestock numbers in 2015-2023 was demonstrated by animals of the Russian polled, Galloway and Hereford breeds, with a sharp reduction in Aberdeen Angus, Limousin, Charolais, Kalmyk and Simmental cattle. According to the cattle appraisal data for 2023, the average daily live weight gains were higher than the industry average for Simmental, Charolais, Limousin and Blanc-Bleu Belge bulls, as well as Aubrac, Blanc-Bleu Belge, Charolais, Simmental and Aberdeen Angus heifers. Data on the age structure of cows in breeding herds indicate the effective use of their breeding stock. However, there are also points for further growth here, related to the optimization of the reproduction of beef cattle, as indicated by such an indicator as the proportion of cows over 8 years old of over 40% among the Kazakh White-Headed, Limousin and Obrac breeds.

Keywords: meat subcomplex of the agro-industrial complex, regional meat clusters, points of sectoral growth, structure of meat production, geography of meat production, breeding herds, breed composition, breeding composition, productive potential, livestock reproduction

For citation. Smakuev D.R., Abdulkhalikov R.Z., Shakhmurzov M.M., Vorokov V.H., Shevkhuzhev A.F. Beef Cattle Breeding of the Russian Federation: Points of Growth. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):64–78. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-64-78

Введение. Устойчивое развитие мясного скотоводства является одним из важных факторов повышения продовольственной безопасности Российской Федерации [1–3]. Однако имеющийся в отрасли потенциал используется ещё недостаточно эффективно, о чём свидетельствует сокращение доли производства крупного рогатого скота в живой массе в общем объёме производства скота и

птицы с 21,3% в 2015 году до 17,3% в 2023 году (табл. 1).

Цель исследования. Целью исследования являлось изучение ресурсных возможностей мясного скотоводства в сельскохозяйственных предприятиях Российской Федерации для определения отраслевых точек его дальнейшего роста.

Таблица 1. Показатели развития мясного скотоводства
в Российской Федерации
Table 1. Indicators of the development of beef cattle breeding
in the Russian Federation

Показатели	Годы			2023 в % к 2015
	2015	2022	2023	
Пробонитированное поголовье крупного рогатого скота мясных пород, гол.	614566	358358	308648	50,2
Производство крупного рогатого скота на убой, тыс. тонн:				
в живой массе	2875,6	2790,0	2853,1	99,2
в убойной массе	1617,1	1620,7	1545,0	95,5
Доля производства крупного рогатого скота в живой массе в общем объеме производства скота и птицы на убой, %	21,3	17,2	17,3	–
Живая масса бычков в возрасте 5 лет и старше, кг	792	885	888	112,1
Живая масса коров в возрасте 5 лет и старше, кг	524	555	563	107,4
Средняя живая масса телят при отъеме, кг	207	205	207	100,0

Материалы, методы и объекты исследования. В ходе исследования был проанализирован статистический материал по развитию мясного скотоводства Российской Федерации за 2015-2023 гг. [4–7].

Результаты исследования. Важным показателем развития мясного скотоводства является производство скота в убойном весе. За

2015-2023 гг. оно сократилось на 4,5% и составило 1545,0 тыс. тонн (табл. 1).

При этом доля сельскохозяйственных предприятий в общем объеме производства повысилась с 38,3 и до 39,2%, в крестьянских фермерских хозяйствах – с 12,3 до 13,2%, при сокращении удельного веса хозяйств населения с 49,4 до 47,6% (рис. 1).

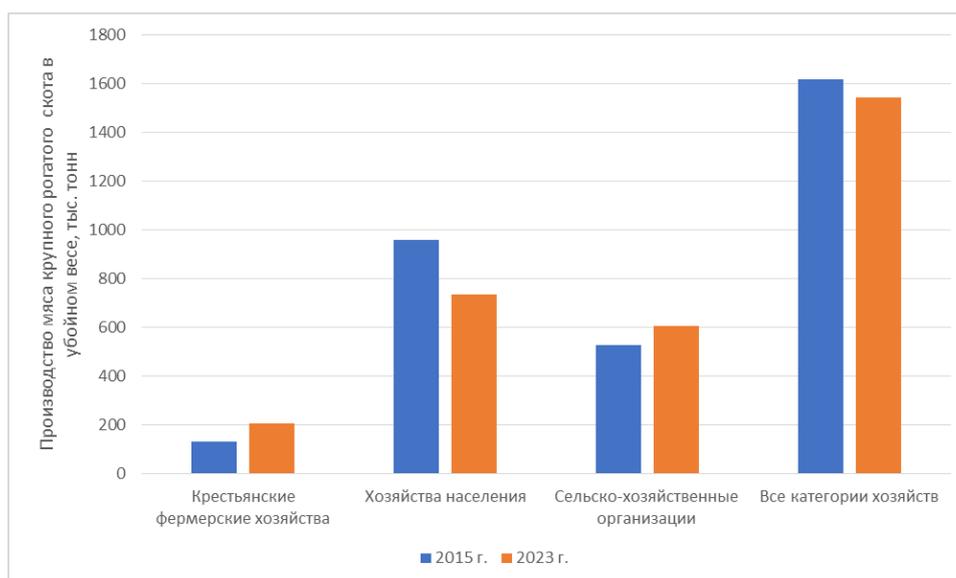


Рисунок 1. Динамика производства мяса крупного рогатого скота в убойном весе в различных категориях хозяйств Российской Федерации, тыс. тонн
Figure 1. Dynamics of production of cattle meat in slaughter weight in various categories of farms of the Russian Federation, thousand tons

Производство мяса крупного рогатого скота в убойном весе в различных категориях хозяйств Российской Федерации в 2015-2023 годах выглядит следующим образом: крестьянские фермерские хозяйства – 131,9 и 203,8; хозяйства населения – 959,3 и 735,8; сельскохозяйственные организации – 525,9 и 605,4 и все категории хозяйств – 1617,1 и 1545,0 тыс. тонн соответственно.

Такой структурный сдвиг в сторону крупных товарных производителей, имеющих мощную ресурсную базу для стабильного роста, является положительной тенденцией в мясном скотоводстве страны. Дальнейшее расширение мер государственной поддержки отрасли позволяет закрепить наметившийся тренд развития [8–10].

Одной из важных точек роста мясного подкомплекса АПК России является совершенствование его племенной базы [11, 12]. В настоящее время она представлена 221 племенным стадом, из которых 39 содержится в племенных заводах, 181 – в племенных репродукторах и 1 – в генофондном хозяйстве. За 2015-2023 гг. количество племенных стад сократилось на 22,5%, а численность племенных животных – на 25,4%, в том числе реализованных на 23,7%. В 2023 году продажа племенного молодняка составила 21040 голов, в том числе 4876 ремонтных бычков, из которых 96,1% класса элита и элита – рекорд (табл. 2).

Таблица 2. Динамика племенных стад в мясном скотоводстве Российской Федерации
Table 2. Dynamics of breeding herds in beef cattle breeding in the Russian Federation

Показатели	Годы			2023 в % к 2015
	2015	2022	2023	
Количество племенных стад	285	249	221	77,5
Структура племенных стад, %				
племязаводы	18,9	16,5	17,6	–
племярепродукторы	81,0	83,1	82,0	–
генофондные хозяйства	–	0,4	0,4	–
Численность племенного скота – всего, тыс. голов	348,3	322,8	259,8	74,6
в т. ч. коров	175,8	170,1	122,8	69,8
Численность реализованного племенного скота – всего, голов	27586	23994	21040	76,3
в т. ч. бычков	6536	4316	4876	74,6
Продано бычков класса элита-рекорд и элита, %	90,7	85,4	96,1	–

За анализируемый период изменилась и структура племенных стад. Так, доля мясного скота, содержащегося на племязаводах, сократилась с 18,9% в 2015 году до 17,6% в 2023 году при одновременном повышении его удельного веса в племярепродукторах с 81,1 до 82,0%. В 2022 году в стране появилось одно генофондное хозяйство. В тоже время в 2023 году два хозяйства утратили свой статус племенных заводов, а также было реорганизовано 26 племенных репродукторов.

Основной задачей племенных хозяйств является направленное выращивание племенного скота для комплектования собственного стада и реализации конкурентоспособного молодняка как внутри Российской Федерации, так и на экспорт [13–16]. За

2015- 2023 гг. реализация племенного молодняка в расчёте на 100 племенных коров увеличилась с 15,7 до 17,1%. Наибольший рост продаж пришёлся на абердин-ангусский скот (с 8,6 до 14,2% в расчёте на 100 племенных коров), скот пород салерс (с 8,7 до 33,3%) и обрак (с 6,2 до 12,1%). За анализируемый период резко сократилась реализация молодняка галловейской (с 29,6 до 11,2% в расчёте на 100 племенных коров), симментальской (с 10,7 до 2,4%) и лимузинской (с 47,2 до 15,0%) пород.

При этом экспорт племенного скота мясного направления продуктивности составил 278 голов (из них 116 бычков-производителей и 134 телок) против 5982 голов в 2021 году. Российский племенной скот герефордской,

абердин-ангусской и казахской белоголовой пород востребован в таких странах, как Монголия, Киргизия и Казахстан. Дальнейшее расширение его экспортных поставок является одной из возможных точек отраслевого роста [17–20].

Большой потенциал роста мясного производства заложен и в породном составе крупного рогатого скота, который за последние

годы претерпел существенные изменения. В России насчитывается 13 специализированных пород и 9 внутрипородных типов. Подавляющая часть скота мясного направления продуктивности представлена калмыцкой, герефордской, казахской белоголовой и абердин-ангусской породами, на долю которых приходится 96,2% от общего поголовья [21–23] (табл. 3).

Таблица 3. Структура породного состава пробонитированного поголовья крупного рогатого скота мясного направления продуктивности в Российской Федерации, %

Table 3. The structure of the breed composition of the probonitized livestock of beef cattle in the Russian Federation, %

Породы и внутрипородные типы	2015 г.	2022 г.	2023 г.
Абердин ангусская	49,6	26,5	16,9
в т.ч. тип: Волгоградский	–	–	0,5
Герефордская	14,8	24,2	28,2
в т.ч. типы:			
Дмитриевский	–	0,9	1,1
Андреановский	0,28	0,4	0,5
Сонский	–	0,5	0,5
Уральский герефорд	0,17	–	0,9
Казахская белоголовая	9,6	15,5	17,2
в т.ч. тип: Заволжский	0,46	–	1,1
Калмыцкая	22,4	30,5	33,8
в т.ч. типы:			
Вознесенский	–	0,9	1,2
Зимовниковский	–	0,6	0,7
Галловейская	0,5	1,0	1,0
Симментальская мясного типа	1,0	0,4	0,6
в т.ч. тип:			
Брединский мясной	0,3	0,2	0,3
Лимузинская	0,8	0,5	0,8
Обрак	0,3	0,5	0,5
Шаролезская	0,6	0,2	0,3
Салерс	–	0,2	0,01
Русская комолая	0,06	0,2	0,3
Бланк-блюбельж	–	0,07	0,06
Санта-гертруда	–	0,06	0,08

Эти породы имеют и внутрипородные типы: герефордская – Дмитриевский, Андрияновский, Сонский и Уральский; абердин-ангусская – Волгоградский; казахская белоголовая – Заволжский; калмыцкая Вознесенский и Зимовниковский; симментальская – Брединский мясной.

За последнее время в сельскохозяйственных

предприятиях страны наметилась существенная динамика численности крупного рогатого скота с целью оптимизации его породного состава с учетом имеющихся региональных различий в природно-климатических и организационно-экономических условиях [24–26].

Так, наибольший прирост поголовья за 2015–2023 гг. показали животные русской комолой (на 75,5%), галловейской (на 38,3%) и герефордской (на 8,0%) пород (табл. 4).

Таблица 4. Динамика численности пробонитированного скота мясных пород
в племенных стадах Российской Федерации, гол.
Table 4. Dynamics of the number of probonitized beef cattle
in breeding herds of the Russian Federation, head

Породы	Годы			2023 в % к 2015
	2015	2022	2023	
Абердин-ангусская, всего	93102	87624	45342	48,7
в том числе:				
Волгоградский тип	–	–	1359	–
Герефордская, всего	64888	69939	70096	108,0
в том числе:				
Уральский тип	1075	–	2532	235,5
Дмитриевский тип	–	3370	3590	–
Андриановский тип	1705	1371	1685	98,8
Сонский тип	–	1708	1688	–
Казахская белоголовая, всего	47136	50525	48611	103,1
в том числе:				
Заволжский тип	2811	–	3441	122,4
Калмыцкая, всего	127102	104782	87003	68,4
в том числе:				
Вознесенский тип	–	3375	3727	–
Зимовниковский тип	–	2324	2308	–
Галловейская	2127	3098	2942	138,3
Симментальская мясного типа, всего	2301	1303	1172	50,9
в том числе				
Брединский мясной тип	1813	865	850	46,9
Лимузинская	4555	1857	1770	38,9
Обрак	1813	1914	1565	86,3
Шаролезская	2141	356	431	21,1
Салерс	685	621	33	4,8
Русская комолая	348	575	611	175,6
Бланк-блю бельж	–	256	194	–

В 2022 году в России впервые появился скот породы бланк-блю бельж, отличающейся хорошо развитой мускулатурой и очень большой живой массой. За оригинальный внешний вид этих животных часто называют бодибилдерами. Подобная комплекция объясняется мутацией гена, отвечающего за синтез миостатина – белка, предотвращающего чрезмерный рост мышц. Изменение ДНК снижает его выработку до минимума, что и становится причиной оригинального «накачанного» внешнего вида коров. Выход мяса с одной туши составляет 80%, и это не мало. Говядина голубой коровы является самой ценной, потому как она сочная, мягкая и очень вкусная, ее можно употреблять даже людям, сидящими на диете. В нем находится очень мало вредного холестерина и жира.

По результатам исследования было выявлено, что бельгийскую корову очень выгодно разводить как в промышленных, так и в домашних условиях. По всем показателям мясо бельгийской коровы соответствует куриному мясу. В говядине хорошо сбалансированы как белки, так и протеины, жиры и углеводы [27].

Одновременно в племенных стадах страны произошло резкое сокращение численности животных абердин-ангусской (на 51,3%), лимузинской (на 61,2%), шаролезской (на 79,7%), калмыцкой (на 31,5%), симментальской (на 49,1%) пород и породы салерс (на 95,2%) (табл. 4).

Породное разнообразие мясного скота позволяет существенно расширить географию его производства [28, 29]. На сегодняшний

день можно говорить о 6 центрах эффективного развития мясного подкомплекса российского АПК, на долю которых приходится 92,2% поголовья животных мясных пород. Это – Южный (26,3%), Сибирский (18,5%), Приволжский (13,4%), Дальневосточный (12,4%), Северо-Кавказский (11,4%) и Центральный (10,2%) федеральные округа.

Разводимые в России специализированные мясные породы обладают большим потенциалом для повышения их продуктивности. Так, при среднем значении среднесу-

точного прироста живой массы бычков в возрасте 205-364 дней в 869 грамм четыре породы (бланк – блюбельж, симментальская, шароле́зская и лимузинская) превысили этот показатель соответственно на 5,6; 17,8; 22,4 и 12,9% (данные бонитировки за 2023 год).

Что касается среднесуточных приростов тёлочек, то превышение среднего показателя в 685 г показали пять пород – обрак, шароле́зская, симментальская, бланк-блюбельж и абердин-ангусская (рис. 2, 3).

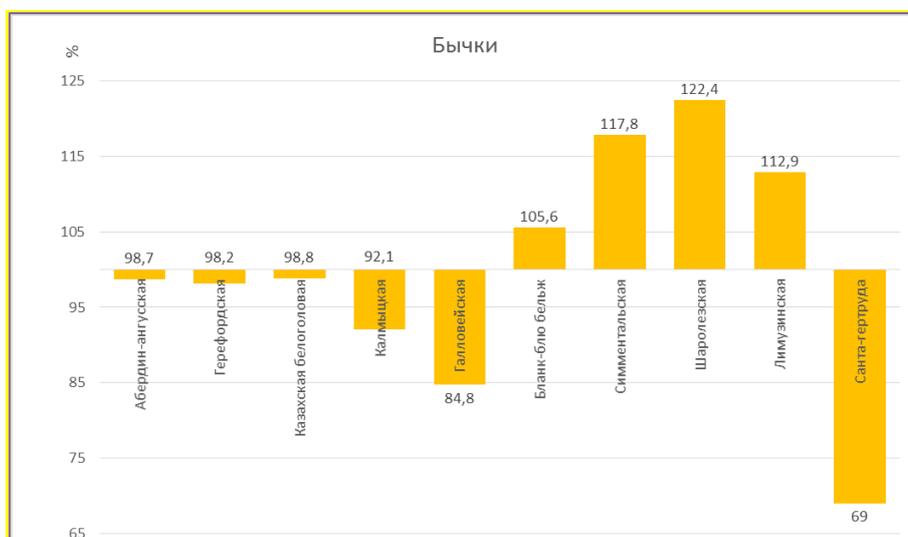


Рисунок 2. Сравнительная характеристика бычков мясных пород в Российской Федерации по среднесуточному приросту живой массы (2023 г.)

Figure 2. Comparative characteristics of beef bulls in the Russian Federation by average daily weight gain (2023)

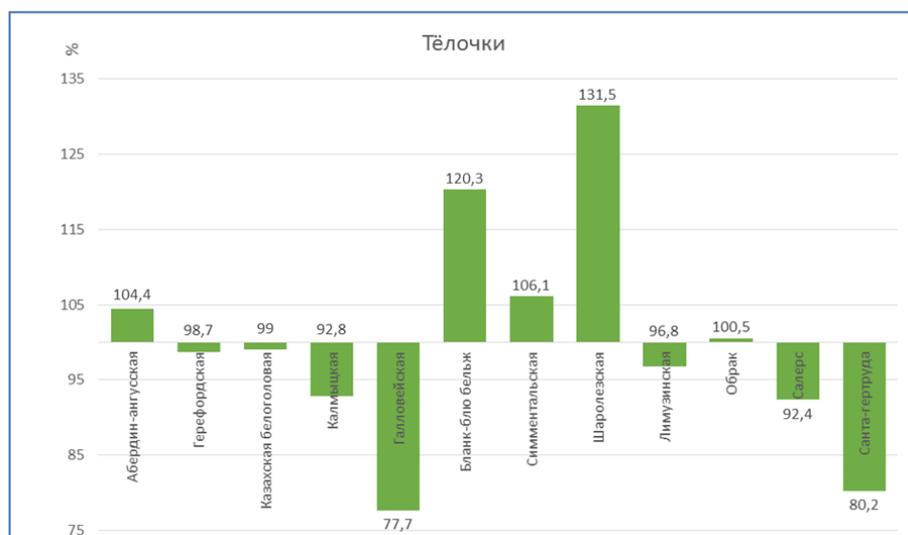


Рисунок 3. Сравнительная характеристика тёлочек мясных пород в Российской Федерации по среднесуточному приросту живой массы (2023 г.)

Figure 3. Comparative characteristics of meat breed heifers in the Russian Federation by average daily weight gain (2023)

Разводимые породы мясного скота в стране значительно варьируют не только по среднесуточными приростам, но и по своей живой массе. Проведённая бонитировка показала, что быки-производители герефордской, казахской белоголовой, симментальской, лиму-

зинской пород, а также пород обрак и санта-гертруда имели живую массу свыше 900 кг (рис. 4). Они же обладали и высотой в крестце больше 140 см, что указывает на достаточно выраженный мясной тип их телосложения.

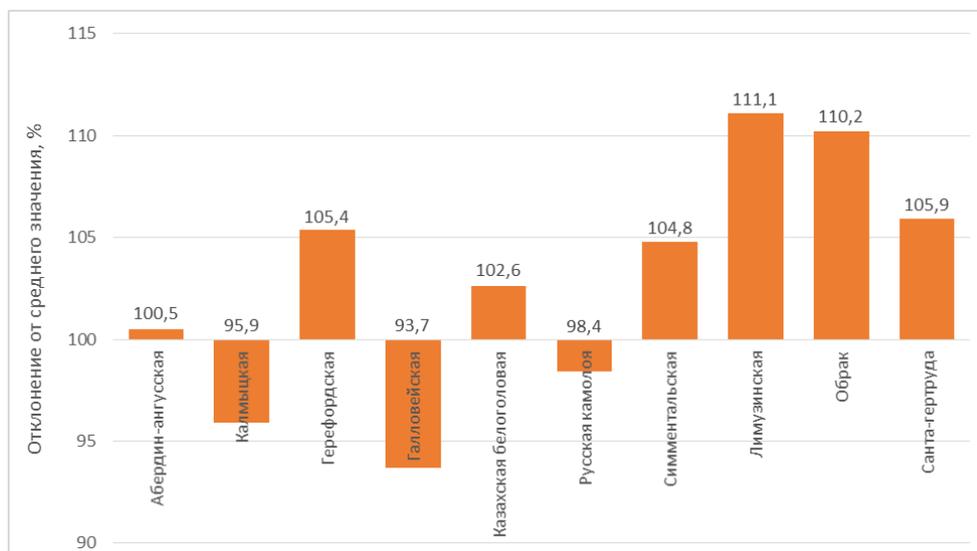


Рисунок 4. Сравнительная характеристика быков-производителей мясных пород в возрасте 5 лет и старше по живой массе (2023 г.)

Figure 4. Comparative characteristics of meat-producing bulls aged 5 years and older by live weight (2023)

Наиболее крупные габариты имели коровы в возрасте 5 лет и старше таких пород, как бланк-блюбельж, лимузинская, салерс и ша-

ролезская. Их средняя живая масса была выше 670 кг, а высота в крестце – выше 137 см (рис. 5).

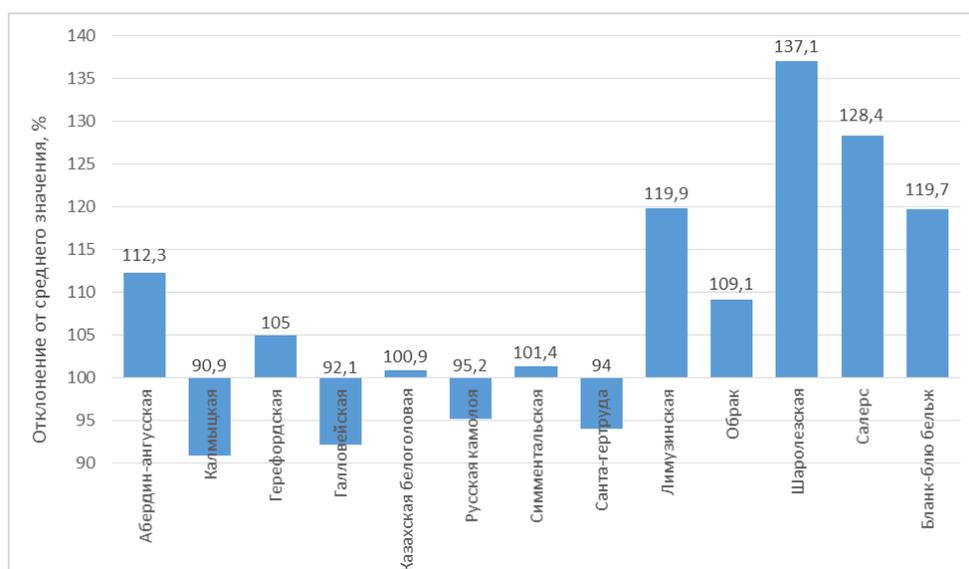


Рисунок 5. Сравнительная характеристика коров мясных пород в возрасте 5 лет и старше по живой массе (2023 г.)

Figure 5. Comparative characteristics of beef cows aged 5 years and older by live weight (2023)

Одним из основных показателей, влияющих на продуктивность мясного скота, является живая масса молодняка при отъеме. Так, в 2023 году у бычков различных пород она колебалась от 202 кг (калмыцкой) до 230 килограммов (абердин-ангусской) в племязаводах и от 199 кг до 223 кг соответствующих пород в племрепродукторах. Вариация данного показателя у тёлочек в племязаводах составила от 186 до 213 кг, в племрепродукторах – от 180 до 219 кг.

Среди пробонитированного племенного скота в возрасте до 12 месяцев наибольшую живую массу имели бычки абердин-ангусской

(400 кг), симментальской (344 кг) и шаролезской (347 кг) пород, а наименьшую – калмыцкой (218 кг) и казахской белоголовой (184 кг) пород. В возрасте 16 месяцев и старше наивысшие показатели живой массы были отмечены у бычков шаролезской (720 кг), лимузинской (552 кг), галловейской (554 кг) и герефордской (550кг) пород, а наименьшие – у бычков калмыцкой (448 кг) и казахской белоголовой (478 кг) пород. Аналогичная тенденция наблюдалась в разрезе пород и среди тёлочек в возрасте до 12 и старше 16 месяцев (табл. 5).

Таблица 5. Живая масса реализованного молодняка мясных пород в племенных предприятиях Российской Федерации, кг (2023 г.)
Table 5. Live weight of sold young meat breeds in breeding enterprises of the Russian Federation, kg (2023)

Породы	Племязаводы			Племрепродукторы		
	живая масса в возрасте			живая масса в возрасте		
	до 12 мес.	12-15 мес.	16 мес. и старше	до 12 мес.	12-15 мес.	16 мес. и старше
Абердин-ангусская бычки	400	486	555	344	488	520
тёлки	274	335	389	359	333	409
Бланк-блю бельж бычки	–	–	–	390	–	–
тёлки	–	–	–	–	–	–
Галловейская бычки	–	–	–	228	413	554
тёлки	–	–	–	–	263	323
Герефордская бычки	384	489	550	321	410	499
тёлки	264	380	475	267	323	456
Казахская белоголовая бычки	184	427	478	254	425	489
тёлки	231	302	397	214	324	402
Калмыцкая бычки	218	367	454	274	364	448
тёлки	201	250	334	209	305	355
Лимузинская бычки	–	–	–	282	450	552
тёлки	–	–	–	347	360	488
Обрак бычки	–	–	–	–	–	–
тёлки	–	–	–	301	322	377
Симментальская бычки	–	–	498	344	–	–
тёлки	–	–	–	–	377	517
Шаролезская бычки	–	–	–	347	–	720
тёлки	–	–	–	–	–	–
Всего по породам бычки	220	475	514	290	406	501
тёлки	216	322	421	229	319	402

Анализ показателей воспроизводства и продуктивного использования племенных коров мясных пород (табл. 6) показал, что средняя живая масса тёлочек при первом осе-

менении колеблется от 325 кг (порода санта-гертруда) до 557 кг (шаролезская порода) при среднем её значении по всем породам 392 кг.

Таблица 6. Производственное использование коров мясного направления продуктивности в племенных предприятиях Российской Федерации (2023 г.)

Table 6. Production use of cows of meat productivity in breeding enterprises of the Russian Federation (2023)

Порода	Живая масса тёлочек при первом осеменении, кг	Возраст первого осеменения, мес.	Возраст выбытия в отёлах, лет	Получено телят от 100 коров, гол.
Абердин-ангусская	384	16	6,1	56
Бланк-блю бельж	459	17	3,0	83
Галловейская	355	22	5,0	77
Герефордская	397	18	5,6	83
Казахская белоголовая	394	20	6,9	85
Калмыцкая	387	23	6,8	85
Лимузинская	444	18	4,8	78
Обрак	425	17	5,5	74
Русская комолоя	379	20	5,0	88
Санта-гертруда	325	17	–	63
Симментальская	406	16	6,6	58
Шаролезская	557	24	5,3	88
Всего по породам	392	19	6,1	75

Средний возраст первого осеменения также варьирует в зависимости от скороспелости пород. Минимальное значение данного показателя (16 месяцев) наблюдалось у тёлочек абердин-ангусской и симментальской породы при среднем значении 19 месяцев, максимальное (24 и 23 месяцев) – у шаролезского и калмыцкого скота.

Наименьший выход телят от 100 коров оказался у коров абердин-ангусской (56%), симментальской пород (58%) при среднем в 75%, наибольший (88%) – у шаролезских и русских комолох коров. Высокий уровень плодовитости показали также коровы казахской белоголовой (85%), калмыцкой (85%), герефордской (83%) пород и породы бланк-блю бельж (83%).

Важнейшим фактором роста эффективности мясного скотоводства является продолжительность использования коров в стаде (табл. 7). В племенных стадах Российской Федерации наибольшая доля молодых коров наблюдается у абердин-ангусской, бланк-

блю бельж и шаролезской пород соответственно 30,4, 40,9, и 21,9%. Высокий процент коров в возрасте 4-5 лет характерен для русской комолой, обрак и галловейской пород (43,4, 31,2 и 33,7%). Доля коров свыше 30% в возрасте 6-7 лет отмечен у симментальской, лимузинской и русской комолой пород, а в возрасте старше 8 лет – у абердин-ангусской, герефордской, калмыцкой, симментальской и шаролезской пород. Всё это свидетельствует об эффективном использовании племенного маточного поголовья. Однако в сельскохозяйственных предприятиях страны имеются примеры и недостаточного обновления стада, на что указывает такой показатель, как доля коров старше 8 лет свыше 40%, который наблюдается у казахской белоголовой, лимузинской пород и породы обрак (табл. 7).

Оптимизация возрастного состава коров позволит повысить эффективность их использования и улучшить воспроизводство мясных стад в сельскохозяйственных предприятиях страны.

Таблица 7. Распределение племенных коров разных пород по возрасту в племенных предприятиях Российской Федерации, % (2023 г.)
Table 7. Distribution of breeding cows of different breeds by age in breeding enterprises of the Russian Federation, % (2023)

Порода	Возраст, лет			
	2-3	4-5	6-7	8 и старше
По всем породам	17,2	24,6	21,6	36,4
Абердин-ангусская	30,4	21,9	16,6	31,1
Герефордская	19,8	26,0	20,8	33,4
Казахская белоголовая	12,6	21,4	23,1	42,9
Калмыцкая	12,0	26,2	23,6	38,2
Галловейская	19,7	33,7	23,3	23,3
Симментальская мясного типа	6,3	23,0	32,8	37,9
Лимузинская	11,1	15,1	32,8	41,0
Обрак	7,1	31,2	13,3	48,4
Шаролежская	21,9	11,4	29,0	37,7
Бланк-блю бельж	40,9	25,2	23,5	10,4
Русская комолая	18,7	43,4	29,2	8,7
Салерс	–	4,2	8,3	87,5

Заключение. За период с 2015 по 2023 годы количество племенных стад в стране сократилось на 22,5%, а численность племенных животных уменьшилась на 25,4%. Специализированные мясные породы обладают большим потенциалом для повышения их продуктивности, о чем свидетельствуют данные среднесуточного прироста живой массы бычков в возрасте 205-364 дней на уровне 869 г.

Живая масса молодняка при отъеме у бычков специализированных мясных пород колебалась от 202 кг (калмыцкой) до 230 кило-

граммов (абердин-ангусской), в племенных заводах – от 199 кг до 223 кг, у тёлочек в племенных заводах составила от 186 до 213 кг, в племенных репродукторах – от 180 до 219 кг. Живая масса тёлочек специализированных мясных пород при первом осеменении колеблется от 325 кг до 557 кг при среднем её значении по всем породам 392 кг, средний возраст при первом осеменении варьирует в пределах от 16 месяцев до 24 месяцев, а уровень плодовитости составляет у коров казахской белоголовой породы 85%, калмыцкой – 85% и герефордской – 83%.

Список литературы

1. Амерханов Х. А. Роль и место животноводства в обеспечении продовольственной безопасности России // Молочное и мясное скотоводство. 2024. № 4. С. 3–6. DOI: 10.33943/MMS.2024.65.11.001. EDN: GTAKVS
2. В РФ прогнозируют дефицит говядины // Аналитический научно-производственный журнал «Агротайм». Сельское хозяйство в реальном времени. Животноводство. URL: <https://agrotime.info/v-rf-prognozirujutdeficit-govjadiny>.
3. Подпрограмма «Улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота мясных пород»: постановление Правительства РФ от 3 сентября 2021 г. № 1489 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202109130012>
4. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации / Г. И. Шичкин, С. Е. Тяпугин, Х. А. Амерханов [и др.] // Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2021 год). Лесные Поляны: ФГБНУ ВНИИплем, 2022. С. 3–16. EDN: CXFNFZ
5. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации / Г. И. Шичкин, Е. Е. Тяпугин, И. М. Дунин [и др.] // Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2023 год). Москва: Изд-во ФГБНУ ВНИИплем, 2024. С. 3–16.

6. Итоги племенной работы в животноводстве Ставропольского края за 2020 г. Ставрополь: МСХ СК, ГКУ «Центр племенных ресурсов», 2020. 122 с.
7. Итоги племенной работы в животноводстве Ставропольского края за 2023 г. Ставрополь: МСХ СК, ГКУ «Центр племенных ресурсов». 2024. 156 с.
8. Горлов И., Карпенко Е., Мосолова Д. Эффективность выращивания бычков разных генотипов // Животноводство России. 2024. № 5. С. 58–60. DOI: 10.25701/ZZR.2024.06.005. EDN: FNDKVI
9. Мясная продуктивность бычков разного направления продуктивности / А. Г. Донецких, С. А. Грикшас, П. А. Корневская, А. В. Гурин // Главный зоотехник. 2022. № 1(222). С. 10–18. DOI: 10.33920/sel-03-2201-02. EDN: HRBTEV
10. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации: реалии и перспективы / И. М. Дунин, С. Е. Тяпугин, Р. К. Мещеряков, В. П. Ходыков, В. К. Аджибеков, Е. Е. Тяпугин, А. В. Дюльдина // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 2–7. DOI: 10.33943/MMS.2020.40.30.001. EDN: TPIWMS
11. Состояние генофонда в племенном животноводстве Российской Федерации / Л. А. Калашникова, С. Е. Тяпугин, А. А. Новиков, Л. Н. Григорян // Зоотехния. 2022. № 12. С. 13–16. DOI: 10.25708/ZT.2022.12.85.004. EDN: IMAVW
12. Породный состав в племенном мясном скотоводстве России / Л. П. Боголюбова, С. В. Никитина, Е. А. Матвеева, Е. Е. Тяпугин // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 1. С. 10–12. DOI: 10.33943/MMS.2021.29.45.002. EDN: CQZSBF
13. Кулинцев В. В., Суров А. И., Шевхужев А. Ф. Мясное скотоводство Ставропольского края // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 2. С. 6–11. DOI: 10.33943/MMS.2022. DOI: 10.33943/MMS.2022.14.31.001. EDN: PUSEEC
14. Улимбашев М. Б., Голембовский В. В., Вольный Д. Н. Состояние племенной базы мясного скотоводства Ставропольского края // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 3(39). С. 192–197. EDN: HJRXTA
15. Шахмурзов М. М., Шевхужев А. Ф., Гетоков О. О. Современные проблемы и перспективы развития мясного скотоводства // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия: Международная научно-практическая конференция. Нальчик, КБГАУ, 14–15 октября 2021 г. С. 194–197. EDN: MXGCOG
16. Производство говядины: состояние и перспективы / Г. И. Шичкин, С. В. Лебедев, Р. В. Костюк, Д. Г. Шичкин // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 8. С. 2–5. DOI: 10.33943/MMS.2021.33.85.001. EDN: XOFVCT
17. Мясная продуктивность бычков разных пород / В. И. Косилов, Ю. А. Юлдашбаев, И. А. Рахимжанова, О. А. Быкова // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 2 (36). С. 55–60. doi: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-55-60. EDN: WVHFFR
18. Кравченко В. Рынок говядины: от роста производства – к экспорту // Животноводство России. 2022. № 9. С. 6–8. EDN: VRWFBY
19. Продуктивные качества бычков мясных и комбинированных пород / В. В. Кулинцев, А. И. Суров, А. Ф. Шевхужев, З. К. Гаджиев // Аграрный научный журнал. 2023. № 2. С. 91–98. DOI: 10.28983/asj.y2022i2pp91-98. EDN: ATQFGC
20. Shevhuzhev A.F., Belik N.I, Smakuev D.R. Changing cows's productivity by influence yeast culture // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Т. 7. № 4. С. 430–434.
21. Состояние и развитие животноводства на современном этапе / А. Т. Мысик, Ю. И. Тимошенко, О. М. Мухтарова, Т. В. Лепехина, С. В. Тимошенко // Зоотехния. 2023. № 10. С. 2–6. DOI: 10.25708/ZT.2023.55.76.001. EDN: GSICIS
22. Хайруллина О. И. Тенденции производства и потребления основных видов мяса в России // Креативная экономика. 2021. Т. 15. № 5. С. 2245–2260. DOI: 10.18334/ce.15.5.112098. EDN: NVPBEW
23. Шевхужев А. Ф. Пути создания помесных мясных стад. // Повышение продуктивных и племенных качеств сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. Ставропольская государственная сельскохозяйственная академия. Ставрополь, 1994. С. 48–53. EDN: YOQETR
24. Мысик А. Т., Усманова Е. Н., Кузякина Л. И. Современные технологии в мясном скотоводстве при разведении абердин-ангусской породы // Зоотехния. 2020. № 8. С. 25–28. DOI: 10.25708/ZT.2020.61.12.007. EDN: ECQAZY
25. Саможен Д. М., Кривопушкин В. В. Рост и мясная продуктивность бычков абердин-ангусской породы разного происхождения // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. Международной научно-практической конференции. Брянский государственный аграрный университет. Брянск, 2022. С. 556–561. EDN: FCPEIE

26. Шевхужев А. Ф., Погодаев В. А. Особенности динамики роста, экстерьера, оплаты корма бычков абердин-ангусской породы разного типа телосложения // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 49–59. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-2-49-59. EDN: DZAVCP
27. Бланк-блю бельж. Общая информация. Выписка из реестра ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ» на 20.09.2024 года.
28. 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. EDN: XSLATD
29. Шевхужев А. Ф., Погодаев В. А. Влияние технологии выращивания бычков симментальской породы на развитие внутренних органов и товарные качества кожи // Сельскохозяйственный журнал. 2024. № 3(17). С. 156–164. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/015.3.17.2024. EDN: XWTKKO

References

1. Amerkhanov H.A. Role and place of animal husbandry in ensuring food security in Russia. *Dairy and meat cattle breeding*. 2024;4:3–6. (In Russ.). DOI: 10.33943/MMS.2024.65.11.001. EDN: GTAKVS
2. *V RF prognoziryuyut defitsit govyadiny* [Beef deficit predicted in Russia]. *Analiticheskiy nauchno-proizvodstvennyy zhurnal «Agrotaym»*. *Sel'skoye khozyaystvo v real'nom vremeni. Zhivotnovodstvo*. Access mode: <https://agrotime.info/v-rf-prognoziryuyutdefi-cit-govyadiny>. (In Russ.).
3. *Podprogramma «Uluchsheniye geneticheskogo potentsiala krupnogo rogatogo skota myasnykh porod»: postanovleniye Pravitel'stva RF ot 3 sentyabrya 2021 g. № 1489 // Ofitsial'nyy internet-portal pravovoy informatsii* [Subprogram "Improving the genetic potential of beef cattle": RF Government Resolution of September 3, 2021 No. 1489. Official Internet portal of legal information]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202109130012> (In Russ.)
4. Shichkin G.I., Tyapugin S.E., Amerkhanov H.A. [et al.]. The state of beef cattle breeding in the Russian Federation. *Yezhegodnik po plemennoy rabote v myasnom skotovodstve v khozyaystvakh Rossiyskoy Federatsii (2021 god)* [Yearbook on breeding work in beef cattle breeding in farms of the Russian Federation (2021)]. Lesnyye Polyany: FGBNU VNIIPlem, 2022. Pp. 3–16. (In Russ.). EDN: CXFNFZ
5. Shichkin G.I., Tyapugin S. E., Dunin I.N. [et al.]. The state of beef cattle breeding in the Russian Federation. *Yezhegodnik po plemennoy rabote v myasnom skotovodstve v khozyaystvakh Rossiyskoy Federatsii (2023 god)* [Yearbook on breeding work in beef cattle breeding in farms of the Russian Federation (2023)]. Moscow: Izd-vo FGBNU VNIIPlem, 2024. Pp. 3–16.
6. *Itogi plemennoy raboty v zhivotnovodstve Stavropol'skogo kraya za 2020 g.* [Results of breeding work in animal husbandry of the Stavropol Territory for 2020]. Stavropol: Ministerstvo sel'skogo khozyaystva Stavropol'skogo kraya, GKU "Tsentri plemennykh resursov", 2020. 122 p. (In Russ.)
7. *Itogi plemennoy raboty v zhivotnovodstve Stavropol'skogo kraya za 2023 g.* [Results of breeding work in animal husbandry of the Stavropol Territory for 2023]. Stavropol: Ministerstvo sel'skogo khozyaystva Stavropol'skogo kraya, GKU "Tsentri plemennykh resursov". 2024. 156 p.
8. Gorlov I., Karpenko E., Mosolova D. Efficiency of rearing bulls of different genotypes. *Animal Husbandry of Russia*. 2024;(5):58–60. (In Russ.). DOI: 10.25701/ZZR.2024.06.005. EDN: FNDKBI
9. Donetskikh A.G., Griksyas S.A., Korenevskaya P.A., Gurin A.V. beef productivity of steers of different types of productivity. *Glavnyi zootekhnik* [Head of animal breeding]. 2022;1(222):10–18. (In Russ.). DOI: 10.33920/sel-03-2201-02. EDN: HRBTEV
10. Dunin I.M., Tyapugin S.E. Meshcheryakov R.K., Khodykov V.P., Ajibekov V.K., Tyapugin E.E., Dyuldina A.V. Condition of meat cattle breeding in the Russian federation: realities and prospects. *Dairy and meat cattle breeding*. 2020;(2):2–7. (In Russ.). DOI: 10.33943/MMS.2020.40.30.001. EDN: TPIWMS
11. Kalashnikova L.A., Tyapugin S.E., Novikov A.A., Grigoryan L.N. The state of the gene pool in livestock breeding in the Russian Federation. *Zootechniya*. 2022;(12):13–16. (In Russ.). DOI: 10.25708/ZT.2022.12.85.004. EDN: IMAXVW
12. Bogolyubova L.P., Nikitina S.V., Matveeva E.A., Tyapugin E.E. Breed composition in breeding meat cattle breeding in Russia. *Dairy and meat cattle breeding*. 2021;(1):10–12. (In Russ.). Doi: 10.33943/MMS.2021.29.45.002. EDN: CQZSBF
13. Kulintsev V.V., Surov A.I., Shevkhuzhev A.F. Meat cattle breeding of Stavropol Territory. *Dairy and meat cattle breeding*. 2022;(2):6–11. (In Russ.). DOI: 10.33943/MMS.2022.14.31.001. EDN: PUSEEC
14. Ulimbашev M.B., Golembovsky V.V., Volny D.N. As the breeding base for beef cattle Stavropol territory. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2019;3(39):192–197. (In Russ.). EDN: HJRXTA

15. Shakhmurzov, M.M. Shevkhuzhev A.F., Getokov O.O. Modern problems and prospects of development of beef cattle breeding. *Nauka, obrazovaniye i biznes: novyy vzglyad ili strategiya integratsionnogo vzaimodeystviya: auka, obrazovaniye i biznes: novyy vzglyad ili strategiya integratsionnogo vzaimodeystviya: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Nal'chik, KBGAU, 14-15 oktyabrya 2021 g.* [Science, education and business: a new view or a strategy for integration interaction: International scientific and practical conference]. Nalchik: KBGAU, 2021. Pp. 194–197. (In Russ.). EDN: MXGCOG
16. Shichkin G.I., Lebedev S.V., Kostyuk R.V., Shichkin D.G. Beef manufacture: condition and prospects. *Dairy and meat cattle breeding.* 2021;(8):2–5. (In Russ.). DOI: 10.33943/MMS.2021.33.85.001. EDN: XOFVCT
17. Kosilov V.I. Yuldashbaev Yu.A., Rakhimzhanova I.A., Bykova O.A. Meat productivity of bulls of different breeds. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2022;2(36):55–60. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-55-60. EDN: WVHFFR
18. Kravchenko V. Beef market: from increase in production – to export. *Animal Husbandry of Russia.* 2022;(9):6–8. (In Russ.). EDN: VRWFBY
19. Kulintsev V.V., Surov A.I., Shevkhuzhev A.F., Gadzhiev Z.K. Productive qualities of bull-calves of beef and joint breeds. *Agrarian scientific journal.* 2023;(2):91–98. (In Russ.). DOI: 10.28983/asj.y2022i2pp91-98. EDN: ATQFGC
20. Shevkhuzhev A.F., Belik N.I., Smakuev D.R. Changing cows's productivity by influence yeast culture. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2016;7(4):430–434.
21. Mysik A.T., Timoshenko Yu.I., Mukhtarova O.M., Lepekhina T.V., Timoshenko S.V. The state and development of animal husbandry at the present stage. *Zootechniya.* 2023;(10):2–6. (In Russ.). DOI: 10.25708/ZT.2023.55.76.001. EDN: GSICIS
22. Khairullina O.I. Trends in the production and consumption of the main types of meat in Russia. *Journal of creative economy.* 2021;15(5):2245–2260. (In Russ.). DOI: 10.18334/ce.15.5.112098. EDN: NVPBEW
23. Shevkhuzhev A.F. Ways of creating crossbred meat herds. *Povysheniye produktivnykh i plemennykh kachestv sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh: sb. nauch. tr. Stavropol'skaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya* [Improving the productive and breeding qualities of farm animals: collection of scientific papers. Stavropol State Agricultural Academy]. Stavropol, 1994. Pp. 48–53. (In Russ.). EDN: YOQETR
24. Mysik A.T., Usmanova E.N., Kuzyakina L.I. Current technologies in beef breeding at growing Aberdeen-Angus cattle. *Zootechniya.* 2020;(8):25–28. (In Russ.). DOI: 10.25708/ZT.2020.61.12.007. EDN: ECQAZY
25. Samozhen D. M., Krivopushkin V. V. Growth and meat productivity of Aberdeen Angus bulls of different origins. *Sovremennyye tendentsii razvitiya agrarnoy nauki: sb. nauch. tr. Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Bryanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet* [Modern trends in the development of agricultural science: collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference. Bryansk State Agrarian University]. Bryansk, 2022. Pp. 556–561. (In Russ.). EDN: FCPEIE
26. Shevkhuzhev A. F., Pogodaev V. A. Features of the growth dynamics, exterior, and feed payment of Aberdeen-Angus calves of different body types. *Izvestiya of Timiryazev agricultural academy.* 2021;(2):49–59. (In Russ.). DOI: 10.26897/0021-342X-2021-2-49-59. EDN: DZAVCP
27. *Blank-blyu bel'zh. Obshchaya informatsiya. Vypiska iz reyestra FGBU «GOSSORTKOMISSIYA» na 20.09.2024 goda.* [Blank-Blue Belge. General information. Extract from the register of the Federal State Budgetary Institution "STATE VET COMMISSION" as of 20.09.2024]. (In Russ.)
28. Shevkhuzhev A.F., Ulimbashev M.B., Ulimbasheva R.A. Growth dynamics of brown Swiss and Kalmyk young cattle under the conditions of distant highland pastures. *Izvestia Orenburg State Agrarian University.* 2016;6(62):139–141. (In Russ.). EDN: XSLATD
29. Shevkhuzhev A.F., Pogodaev V.A. Influence of the technology of Simmental bull calves rearing on the development of internal organs and commercial qualities of the skin. *Agricultural journal.* 2024;3(17):156–164. (In Russ.). DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/015.3.17.2024. EDN: XWTKKO

Сведения об авторах

Смакуев Дагир Рамазанович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказская государственная академия», SPIN-код: 2510-8084.

Абдулхаликов Рустам Заурбиевич – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2454-3610, Scopus ID: 57221329354, Researcher ID: ABG-2284-2021

Шахмурзов Мухамед Музачирович – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры зоотехнии и ветеринарно-санитарной экспертизы, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2584-2612

Вороков Виталий Хакашевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры разведения сельскохозяйственных животных и зоотехнологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет», SPIN-код: 2072-7827

Шевхужев Анатолий Феоодович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, почётный работник высшего профессионального образования, руководитель научного направления ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», SPIN-код: 1004-4991, Scopus ID: 57204213158, Researcher ID: B-7212-2019

Information about the authors

Dagir R. Smakuev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Agronomy, North Caucasian State Academy, SPIN-code: 2510-8084

Rustam Z. Abdulkhalikov – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Animal Science and Veterinary-Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2454-3610, Scopus ID: 57221329354, Researcher ID: ABG-2284-2021

Mukhamed M. Shakhmurzov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department Animal Science and Veterinary-Sanitary Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2584-2612

Vitaly Kh. Vorokov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Animal Husbandry and Zootechnology, Kuban State Agrarian University, SPIN code: 2072-7827

Anatoly F. Shevkhuzhev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Honored Worker of Higher Professional Education, North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, SPIN-code: 1004-4991, Scopus ID: 57204213158, Researcher ID: B-7212-2019

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 07.10.2024;
одобрена после рецензирования 28.10.2024;
принята к публикации 07.11.2024.*

*The article was submitted 07.10.2024;
approved after reviewing 28.10.2024;
accepted for publication 07.11.2024.*

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных
Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology of Animals

Научная статья

УДК 636.4

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-79-87

Совершенствование методов оценки свиней породы дюрок

Александра Евгеньевна Святогорова^{✉1}, Ольга Леонидовна Третьякова²,
Наталья Николаевна Колосова³, Николай Алексеевич Святогоров⁴

¹Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал
Федерального Ростовского аграрного научного центра, улица Институтская, поселок Рассвет,
Ростовская область, Россия, 1346735

^{2,3,4}Донской государственный аграрный университет, улица Кривошлыкова, 24, поселок
Персиановский, Ростовская область, Россия, 346493

^{✉1}sviatogorova.a@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4233-1740>

²tretiakova.olga2013@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0295-8939>

³kolosov-dgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1504-0617>

⁴sviatogorov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2495-6969>

Аннотация. Исследования проводились согласно тематического плана НИР ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» по теме «Разработать эффективные молекулярно-генетические методы прогнозирования, повышения и реализации генетического потенциала продуктивности, резистентности, устойчивости к заболеваниям сельскохозяйственных животных». Цель исследования – проведение оценки продуктивного потенциала животных на основе взаимосвязи генов-маркеров с откормочными и мясными качествами свиней породы дюрок. Получены новые данные о полиморфизме генов *POU1F1/RsaI*, *MC4R/TagI* и *LEPR/HpaII* в популяциях свиней породы дюрок. Дана оценка частоты встречаемости аллелей для хрячков и свинок. Проведен сравнительный анализ откормочных и мясных качеств свиней гомозиготных и гетерозиготных генотипов. Выявлено влияние различных аллелей генов *POU1F1/RsaI*, *MC4R/TagI* и *LEPR/HpaII* на откормочные и мясные качества свиней породы дюрок. Предложен способ оценки консолидации линий, позволяющий создать конкурентно-способных животных, соответствующих стандарту отцовских линий, способных стойко передавать потомству высокие продуктивные качества. Разработаны тест-системы для определения полиморфизма генов *POU1F1*, *MC4R* и *LEPR*. Составлены селекционные индексы, разработана система индексной оценки свиней для модуля «Индексной оценки» компьютерной программы «АСС».

Ключевые слова: полиморфизм, гены *POU1F1/RsaI*, *MC4R/TagI* и *LEPR/HpaII*, свиньи породы дюрок, отбор, селекционные индексы

Для цитирования. Святогорова А. Е., Третьякова О. Л., Колосова Н. Н., Святогоров Н. А. Совершенствование методов оценки свиней породы дюрок // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 79–87. doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-79-87

Original article

Improving Assessment Methods of Duroc Pigs

Alexandra E. Svyatogorova^{✉1}, Olga L. Tretyakova², Natalia N. Kolosova³,
Nikolai A. Svyatogorov⁴

¹North-Caucasian Zonal Research Veterinary Institute – Branch of the Federal Rostov Agrarian Scientific Center, Institutskaya Street, Rassvet Village, Rostov Region, Russia, 1346735

^{2,3,4}Don State Agrarian University, 24 Krivoshlykov Street, Persianovsky Village, Rostov Region, Russia, 3464931

^{✉1}svyatogorova.a@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4233-1740>

²tretyakova.olga2013@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0295-8939>

³kolosov-dgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1504-0617>

⁴sviatogorov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2495-6969>

Abstract. The studies were conducted in accordance with the thematic plan of research of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Agrarian University" on the topic "Development of effective molecular genetic methods for forecasting, increasing and implementing the genetic potential of productivity, resistance, and resistance to diseases of farm animals". The aim of the study was to assess the productive potential of animals based on the relationship of marker genes with fattening and meat qualities of Duroc pigs. New data were obtained on the polymorphism of the POU1F1/RsaI, MC4R/TagI and LEPR/HpaII genes in Duroc pig populations. An assessment was made of the frequency of alleles for boars and sows. A comparative analysis of fattening and meat qualities of pigs of homozygous and heterozygous genotypes was conducted. The influence of different alleles of the POU1F1/RsaI, MC4R/TagI and LEPR/HpaII genes on fattening and meat qualities of Duroc pigs has been revealed. A method for assessing line consolidation has been proposed, allowing the creation of competitive animals that meet the paternal line standard and are capable of consistently transmitting high productive qualities to their offspring. Test systems have been developed to determine the polymorphism of the POU1F1, MC4R and LEPR genes. Selection indices have been compiled, and a system for index assessment of pigs has been developed for the Index Assessment module of the ACC computer program.

Keywords: polymorphism, POU1F1/RsaI, MC4R/TagI and LEPR/HpaII genes, Duroc pigs, selection, breeding indices

For citation. Svyatogorova A.E., Tretyakova O.L., Kolosova N.N., Svyatogorov N.A. Improving Assessment Methods of Duroc Pigs. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):79–87. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-79-87

Введение. Значительный вклад в развитие популяционной генетики и методологии использования математического аппарата внесли С.С. Четвериков, С. Райт, Р. Фишер, Дж. Холдейн. Дальнейшее развитие методологии исследовательской деятельности позволило расширить и углубить знания о наследуемости признаков [1–3]. Значительный скачок в развитии генетики и селекции животных был сделан в области цитоплазматической наследуемости. Исследование информации о маркерных генах нашло широкое применение в диагностике заболеваний, создании новых методов, позволяющих более точно определить племенную ценность животных [4–8].

Новые генетические методы оценки животных основаны на уточнённой и расширенной информации о полиморфизме генов, что дополняет традиционные методы оценки по фенотипу, родословной, потомству и позволяет более точно определить племенную ценность особи [3, 4, 9].

Степень точности оценки племенных качеств имеет большое значение для селекционной работы со стадами. Современные индустриальные животноводческие предприятия используют генетический материал, полученный в результате крупномасштабной селекции, основу которой составляет отбор

проверенных по качеству потомства выдающихся производителей. Максимальное их использование по получению спермы и созданию банка семени. Важную роль в этой системе имеет эффективное использование маточного поголовья, так, при применении метода гормональной суперовуляции и трансплантации возможно получать большое количество зигот и, соответственно, выращивать высокоценный молодняк.

Резюмируя вышеизложенное и опираясь на новые знания генетических основ наследственности количественных признаков, мы считаем необходимым продолжать комплексные научные исследования, направленные на переосмысливание и совершенствование методов селекционного отбора в свиноводстве. Научные исследования выполнены в рамках тематического плана НИР ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» по заказу Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Разработка инновационных технологий повышения продуктивности и качества продукции свиноводства».

Цель исследования – оценка продуктивного потенциала животных на основе взаимосвязи генов-маркеров с откормочными и мясными качествами свиней породы дюрок.

Задачи исследования:

- определение частоты генотипов по генам-маркерам *POU1F1*, *MC4R*, *LEPR*;
- выявление аллельных вариантов генов и установление их связи с откормочными и мясными качествами свиней;
- установление ген – маркеров, связанных с большим выходом мышечной ткани.

Все эти исследования были направлены на получение данных для разработки тест-системы диагностики племенной ценности. Заключительным этапом исследований, имеющим практическую значимость, стало включение данных о тестировании животных в генеалогические схемы для закрепления желательных вариантов методом подбора пар. Автоматизировать процесс ранжирования животных по их ценности позволяет модуль компьютерной программы «АСС» «Селекционные индексы», в который интегрирована информация о генотипах.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования по изучению роста и развития ремонтного молодняка свиней про-

водили в подсосный период, при отъёме, в 2, 4, 6, 8-месячном возрасте методом взвешивания и измерения линейных промеров. Откормочные и мясные качества определяли прижизненно в период контрольного выращивания, измеряли толщину шпика и глубины длиннейшей мышцы спины при помощи ультразвукового прибора «Скангрэйд». Устройство считывает идентификационный номер животного, номер станка, вес животного, глубину мышцы в точке P_2 , толщина шпика в трех точках P_1 , P_2 и P_3 , статус супоросности.

Полученный биологический материал от ремонтного молодняка (образцы ткани с ушной раковины свиней площадью 1 см²) был направлен в лаборатории молекулярной генетики ФГБОУ ВО «Южный федеральный университет» и молекулярной диагностики и биотехнологии сельскохозяйственных животных в ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет», где проводились анализы 55 образцов для создания инструмента в виде тест-системы по генам-маркерам, связанным с мясной продуктивностью, выделение ДНК проводились двумя способами с помощью *DIAtomTMDNAPrep* (ООО «НПФ Генлаб») и ДНК-Экстран-2.

Взаимосвязь гена *POU1F1* изучали по возрасту достижения живой массы 100 кг, толщине шпика над 6-7 грудными позвонками, длине туловища, а так же суточному приросту [1, 2, 10].

Результаты исследования. В результате исследований выделены генотипы *FF*, *EF* и *EE*. Отмечено, что аллель *F* отличается большей частотой встречаемости по сравнению с частотой аллеля *E*, так, частота встречаемости у свинок по генотипам *FF* составила 44,4%, *EF* – 37,8%, *EE* – 17,8%; у хрячков *FF* – 50%, *EF* – 30% и *EE* – 20%. Таким образом, установлено достоверное влияние генотипов *FF*, *EF* и *EE* по гену *POU1F1* на скороспелость, толщину шпика, длину туловища и суточный прирост (табл. 1).

Установлено, что аллель *E* в гетерозиготном состоянии *EF/POU1F1* связан с лучшими откормочными показателями, так, хрячки генотипа *EF* на 9 дней быстрее достигают массы 100 кг и превосходят хрячков генотипа *FF* по скорости роста, по суточному приросту на 59,1 г и имеют меньшую толщину шпика на 1,3 мм. У свинок отмечен гомозиготный

генотип *EE*, позволяющий животным достичь массы тела 100 кг на 13 дней раньше, иметь более длинное туловище (на 3,3 см), суточ-

ный прирост на 148 г. выше, чем у свинок других генотипов. Превосходство наблюдалось и по меньшей на 3,1 мм толщине шпика.

Таблица 1. Связь генотипов по генам *POU1F1*, *MC4R*, *LEPR* с откормочными и мясными качествами ремонтного молодняка
Table 1. The relationship of genotypes according to the *POU1F1*, *MC4R*, *LEPR* genes with the fattening and meat qualities of the repair young

Показатели	По гену <i>POU1F1</i>					
	Генотип					
	<i>FF</i>		<i>EF</i>		<i>EE</i>	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Скороспелость, дн.	150,2±3,50	167,7±2,39	141,3±1,33*	161,6±2,51	142,0±6,0	154,5±3,29*
Толщина шпика, мм	11,9±1,57	15,1±0,73	10,6±0,67	13,5±0,66	11,4±1,7	12±1,04**
Длина туловища, см	117,2±2,21	115,5±0,54	115,3±1,73	116,1±0,82	116,6±2,2	118,8±1,52**
Суточный прирост, г	933,6±48,58	741,1±23,54	992,7±29,63	779,8±21,15	991,5±8,5	889,1±35,59*
По гену <i>MC4R</i>						
	<i>GG</i>		<i>AG</i>		<i>AA</i>	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Скороспелость, дн.	146±2,24	167,3±5,56	144,8±5,85	163,4±2,24	146,8±2,15	161,6±2,87
Толщина шпика, мм	9,5±1,35*	13,0±1,29*	12,1±1,15	14,5±0,67	11,2±1,40	14,5±0,75
Длина туловища, см	119±2,36*	115,8±1,03	114,8±1,53	110,9±4,67	117,4±2,04	116,8±0,76**
Суточный прирост, г	1050±38,82**	756±56,97	957,8± 46,75	769,6±21,49	949,6±36,33	806,8±28,62
По гену <i>LEPR</i>						
	<i>AA</i>		<i>AB</i>		<i>BB</i>	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Скороспелость, дн.	-	170±4,63	151,7±2,91	158,8±6,38*	151,9±2,53	162,6±3,71
Толщина шпика, мм	-	16±2,14	12,3±0,47	12,4±1,75**	12,6±0,71	14,9±1,06
Длина туловища, см	-	112±1,12	116,4±1,08	116,4±1,81**	117±0,95	117±1,07
Суточный прирост, г	-	695±58,26	815,5±39,23	875,4±68,60*	850,4±25,50	787,4±43,59

Примечание: ♂ – хрячки, ♀ – свинки; $P>0,95$, $*P>0,99$, $**P>0,99$; хрячки ($n=10$ гол), свинки ($n=45$ гол)

Выбор гена *MC4R* обусловлен особенностями комплекса сопряженных физиологических реакций, находящихся под его контролем. Многие учёные установили, что *MC4R*-ген рецептора меланокортина 4 связан с интенсивностью роста и развития животных, это позволило нам использовать данный ген в качестве маркера. Так, нами выявлено три генотипа *AA*, *AG* и *GG*. Частота аллеля *A* составила 0,70, а аллеля *G* – 0,30 у хрячков, у свинок: *A* – 0,66, *G* – 0,34. Наибольшая частота генотипа *AA* у хрячков – 50,0%, а *AG* у свинок – 51,1%.

Следует отметить, что наибольшая разница по продуктивности животных по гену *MC4R*, в зависимости от выявленных генотипов, наблюдалась по скорости роста, длине туловища и суточному приросту (табл. 1).

Так, животные с генотипом *AA* превосходили аналогов с генотипами *AG* и *GG*, они росли быстрее на 6 и 4 дня, их туловище было длиннее на 1 и 5,9 см, прирост выше на 50,8 и 37,2 г соответственно. В то же время у свинок генотипа *GG* отмечался низкий показатель толщины шпика на 1,5 мм по сравнению со свинками генотипов *AA* и *AG*.

Следует отметить, что селекционную работу на быстрый рост свинок и получение большего содержания мышечной массы желательнее проводить по накоплению генотипа *AA* по гену *MC4R*.

У хрячков наблюдается существенное превосходство роста и развития по генотипу *GG* гена *MC4R*, так, по длине туловища – на 4,2 и 1,6 см, по суточному привесу – на 92,2 и 100,4 г соответственно. Мужские особи с ге-

нотипом *GG* гена *MC4R* имели меньшую толщину шпика по отношению к генотипам *AG* и *AA* на 2,6 и 1,7 мм. Однако полученные данные не имеют достаточного уровня достоверности, особенно по связи между генотипами и скороспелостью. Вероятно, это связано с малочисленной выборкой. В перспективе планируется увеличить количество генотипированных особей и продолжить исследования по изучению корреляционных связей между генотипами и продуктивными качествами [1, 11].

Из литературных источников известно, что ген рецептора лептина (*LEPR* или ген *DB*) принимает участие в регуляции веса тела и пищевого поведения. Лептин – это пептидный гормон, механизм его действия заключается в передаче в гипоталамус информации о массе тела и жировом обмене. Эти особенности и послужили основанием для выбора его в качестве маркерного. Так, Kováčik A., Trakovická A., Bulla J., Bobček V., & Rafayová A. обнаружили, что наличие генотипа *BB* по гену *LEPR* коррелирует с более высоким выходом постного мяса и низким показателем толщины шпика по сравнению с генотипами *AB* и *AA* [12].

В наших исследованиях по гену *LEPR* на свиньях породы дюрк определено у свинок три генотипа: *BB* – 53,8%, *AB* – 38,5%, *AA* – 7,7%; у хрячков – два генотипа – *AB* – 58,8% и *BB* – 41,2% соответственно. Отмечено, что частота аллеля *B* была выше, чем аллеля *A*, как у свинок, так и хрячков (0,73 и 0,27 и 0,71 и 0,29).

Установлено, что свинки генотипа *AB* по гену *LEPR* превосходят сверстниц по скороспелости на 11 дней свинок с генотипом *AA*, по толщине шпика – на 3,6 мм, длине туловища – на 4,4 см, суточному приросту – на 180,4 г, а сверстниц с генотипом *BB* на 4 дня, 2,5 мм, 0,6 см и 88 г соответственно. По хрячкам достоверного влияния данного гена на показатели скорости роста, формирование шпика, суточный прирост не установлено [2, 3, 12–14].

Важно отметить, что в селекционные программы совершенствования линии свиней породы дюрк на повышенное содержание мясной ткани в туше необходимо использовать в качестве маркера ген *LEPR* и накапливать в популяции генотип *AB* у свинок и генотип *BB* у хрячков.

В результате проведенных исследований по взаимосвязи генов *POU1F1*, *MC4R* и *LEPR* и откормочных и мясных качеств были получены данные, позволившие разработать тест-системы оценки животных (патенты № 2790450, № 2796412). С помощью тест-систем проводится тестирование ремонтного молодняка и запись данных в генеалогические схемы информационной базы данных программы АСС. Следующим этапом создания инструмента стала работа по объединению информации и автоматизация процесса ведения планомерной селекционной работы. Разработан алгоритм системы индексной оценки, реализованный в модуле «Индексной оценки» КП АСС (СЦ «Лозовое», ООО «Селиком» г. Рязань). На основе информации, имеющейся в базе данных программы за весь технологический и жизненный циклы в модуле, осуществляется расчёт индексной оценки животного. Так, хрячков-производителей оценивают по результатам опросов осеменённых ими свиноматок. Свиноматки получают оценку по показателям опросов. В процессе роста ремонтный молодняк получает несколько индексных оценок в различные возрастные периоды (4–6–8 месяцев). Браковку и отбор лучших животных проводят по ранжированию величины селекционного индекса. Таким образом, применение усовершенствованной системы отбора лучших особей, обладающих «желательным генотипом», способных внести максимальный вклад в следующее поколение, позволяет значительно сдвинуть средние показатели продуктивности и обеспечить повышение количественных и качественных показателей.

Основным преимуществом такой системы является механизм сбора, обработки, оценки и анализа информации. Работа системы осуществляется по принципу «однократного ввода данных и многократного их использования». В качестве примера мы приводим работу системы через окно задач «Анализ продуктивности» КП АСС проводится выбор модуля «Индексная оценка». На экране появляется выпадающее меню, в котором осуществляется выбор необходимого индекса оценки. Теперь программа автоматически проводит оценку животных и выдаёт результат на экран в виде таблицы оценки, ранжированной по величине индекса. Данные можно вывести на

печать. Таким образом, хряки-производители породы дюрок были ранжированы по величине индекса: Дерби № 601051 – 49,2 балла при следующих показателях продуктивности: 14 опоросов, оплодотворяемость 96,7%, многоплодие 11,4 поросят, суточный прирост поросят – 229 г, масса гнезда – 94 кг; Дерби № 400421 – 31,5 балла (17 опоросов, оплодотворяемость 97,8%, многоплодие 10,2, среднесуточный прирост поросят – 232 г, масса гнезда – 90 кг); Дерби № 700517 – 24,5 балла (13 опоросов, оплодотворяемость 96%, многоплодие 11,6 голов, среднесуточный прирост 248 г, масса гнезда к отъему 89,7 кг.

Аналогичным образом осуществляется оценка свиноматок по селекционному индексу. По результатам выделены лучшие свиноматки, имеющие величину индекса от 31,8 до 78,5 баллов.

Ремонтный молодняк оценивают в окне «Селекционные индексы отбора», проводя выбор конкретного индекса. Далее осуществляется оценка, сортировка и на экране появляется результат. Так, при оценке ремонтных свинок получены следующие результаты: Донна № 800780 – индекс 151,8 балла (скороспелость – 156 дней, длина туловища – 122 см, среднесуточный прирост – 786 г, толщина шпика – 7 мм, глубина мышцы – 79 мм, выход мясной массы – 64%); Донна № 800532 – индекс 132,1 балла, (155 дней, 119 см, 909 г, 12 мм, 75 мм, 62%) соответственно; Донна № 800118 – 128,1 балла; Мика № 801364 – 115,7 балла; Донна № 800458 – 107,6 балла; Донна № 800536 – 102,6 балла.

Важно подчеркнуть, что внедрение новых методов оценки на основе генов-маркеров,

информационных баз, новых программных модулей позволило контролировать новые факторы, влияющие на селекционные и технологические показатели производственного процесса. Усовершенствованные методы и автоматизированный учёт и контроль физиологических и технологических процессов позволяет выявлять ошибки и нарушения, значительно расширяет возможности селекционера за счёт большого объёма информации, что даёт возможность более точно оценить животное, подобрать пары для заказных спариваний или на базе нескольких пород создать новую линию для производства товарной продукции.

Выводы. Анализ проведенного исследования позволяет сделать следующие выводы:

- установлено достоверное влияние генотипов *FF*, *EF* и *EE* по гену *POU1F1* на скороспелость, толщину шпика, длину туловища и среднесуточные приросты живой массы свиной;

- селекционную работу на быстрый рост свинок и получение большего содержания мышечной массы желательнее проводить по накоплению генотипа *AA* по гену *MC4R*;

- свинки генотипа *AB* по гену *LEPR* превосходят сверстниц по скороспелости на 11 дней свинок с генотипом *AA*, по толщине шпика – на 3,6 мм, длине туловища – на 4,4 см, суточному приросту – на 180,4 г, а сверстниц с генотипом *BB* на 4 дня, 2,5 мм, 0,6 см и 88 г соответственно. По хрячкам достоверного влияния данного гена на показатели скорости роста, формирование шпика, суточный прирост не установлено.

Список литературы

1. Влияние генетического полиморфизма гена *MC4R* на откормочные и мясные качества свиной породы дюрок / А. Е. Святогорова, А. В. Усатов, О. Л. Третьякова, Л. В. Гетманцева // Актуальные проблемы биологии, нанотехнологий и медицины: материалы VI Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2015. С. 105-106. EDN: ZEODDZ
2. Третьякова О. Л., Святогорова А. Е., Романцова С. С. Оценка продуктивности свиноматок породы дюрок // Современные наукоемкие технологии производства продукции животноводства: материалы международной научно-практической конференции. Пос. Персиановский. 2022. С. 53–57. EDN: SUZYHV
3. Mikhailov, N.V., Getmantseva L.V., Usatov A.V., Bakoev S.Yu. Assotiations between *PRLR/AluI* Gene Polymorphism with Reproductive, Growth and Meat Traits in Pigs // Cytology and Genetics. 2014. Vol. 48. № 5. Pp. 323–326.
4. Altukhov Yu.P., Salmenkova E.A. DNA polymorphism in population genetics // Genetika. 2002;38(9):1173–1195. EDN: MPNTEB

5. Барановский Д. И., Хохлов А. М., Ткачук Е. Д. Иммуногенетический анализ генезиса европейских и азиатских пород свиней // Таврический научный обозреватель. 2016. № 5-2(10). С. 179–186. EDN: WCKXQL
6. Ассоциация показателей генотипической структуры отечественных пород свиней по генам MC4R и LEP с их продуктивными качествами / А. П. Гришкова, Н. А. Чалова, А. А. Аришин, Г. М. Гончаренко // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. 2019. № 22. С. 128–136. EDN: GEDFLN
7. Kováčik A., Bulla, J., Trakovická, A., Lieskovská, Z., & Žitný, J. Effects of the Porcine LEPR Polymorphism (HpaII) on Carcass Traits in Large White × Landrace Crossbred Pigs // Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies. 2011. Т. 44. №. 1. С. 260–262.
8. Tautz D. Hypervariability of simple sequences as a general source for polymorphic DNA markers // Nucl. Acids Res. 1989. Vol. 17. Pp. 6463–6471. Doi: 10.1093/nar/17.16.6463.
9. Полиморфизм гена рецептора меланокортина MC4R и его влияние на мясные и откормочные качества свиней / О. В. Костюнина, Н. А. Зиновьева, Е. И. Сизарева [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 8. С. 49–51. EDN: PCYBJD
10. Святогорова А. Е. Влияние генетического полиморфизма гена POU1F1 на откормочные и мясные качества свиней породы дюрок // Неделя науки 2015: сб. тезисов. 2015. С. 10–13.
11. Леонова М. А., Святогорова А. Е. Воспроизводительные качества свиней породы ландрас разных генотипов по генам PRLR и MC4R // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 103. С. 1006–1015. EDN: TFPVMR
12. Перспективные гены-маркеры продуктивности сельскохозяйственных животных / М. А. Леонова, А. Ю. Колосов, А. В. Радюк [и др.] // Молодой ученый. 2013. № 12 (59). С. 612–614. EDN: RPCSED
13. Использование ДНК-маркеров в селекции сельскохозяйственных животных / Н. В. Михайлов, Л. В. Гетманцева, Н. А. Святогоров, А. Е. Святогорова // Наука и образование в жизни современного общества: сб. науч. тр. по материалам Международной научно-практической конференции: в 18 частях. 2013. С. 90–91.
14. Сербровский А. С. Генетический анализ. Москва: Наука, 1970. 342 с.

References

1. Svyatogorova A.E., Usatov A.V., Tretyakova O.L., Getmantseva L.V. The influence of genetic polymorphism of the MC4R gene on fattening and meat qualities of Duroc pigs. *Aktual'nyye problemy biologii, nanotekhnologii i meditsiny: materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Actual problems of biology, nanotechnology and medicine. Proceedings of the VI International scientific and practical conference]. Rostov-on-Don, 2015. Pp. 105-106. (In Russ.). EDN: ZEODDZ
2. Tretyakova O.L., Svyatogorova A.E., Romantsova S.S. Evaluation of productivity of Duroc sows. *Sovremennyye naukoemye tekhnologii proizvodstva produktsii zhivotnovodstva: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern science-intensive technologies for the production of livestock products. Proceedings of the international scientific and practical conference]. Settlement Persianovsky. 2022. Pp. 53–57. (In Russ.). EDN: SUZYHV
3. Mikhailov N.V., Getmantseva L.V., Usatov A.V., Bakoev S.Yu. Associations between PRLR/AluI Gene Polymorphism with Reproductive, Growth and Meat Traits in Pigs. *Cytology and Genetics*. 2014;48(5): 323–326
4. Altukhov Yu.P., Salmenkova E.A. DNA polymorphism in population genetics. *Genetika*. 2002;38(9):1173–1195. EDN: MPNTEB
5. Baranovsky D.I., Khokhlov A.M., Tkachuk E.D. Immunogenetic analysis of european and asian pig breeds genesis. *Tavrichesky Scientific Observer*. 2016;5-2(10):179–186. (In Russ.). EDN: WCKXQL
6. Grishkova A.P., Chalova N.A., Arishin A.A., Goncharenko G.M. Association of indicators of the genotypic structure of domestic pig breeds for the MC4R and LEP genes with their productive qualities *Siberian state industrial university*. 2019;(22):128–136. (In Russ.). EDN: GEDFLN
7. Kováčik A., Bulla, J., Trakovická, A., Lieskovská, Z., & Žitný, J. Effects of the Porcine LEPR Polymorphism (HpaII) on Carcass Traits in Large White × Landrace Crossbred Pigs. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*. 2011;44(1):260–262.
8. Tautz D. Hypervariability of simple sequences as a general source for polymorphic DNA markers. *Nucl. Acids Res*. 1989;17: 6463–6471. Doi: 10.1093/nar/17.16.6463.

9. Kostyunina O.V., Zinovieva N.A., Sizareva E.I. [et al.]. Polymorphism of melanocortin receptor gene MC4R and their effect on the growth and meat productive traits of pigs. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2012;(8):49–51. (In Russ.). EDN: PCYBJD
10. Svyatogorova A.E. The influence of genetic polymorphism of the POU1F1 gene on fattening and meat qualities of Duroc pigs. *Nedelya nauki 2015: sb. tezisev* [Science Week 2015: collection of abstracts]. 2015. Pp. 10–13. (In Russ.)
11. Leonova M.A., Svyatogorova A.E. Reproductive qualities of Landrace pigs of different genotypes in genes PRLR and MC4R. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2014;(103):1006–1015. (In Russ.). EDN: TFPVMR
12. Leonova M. A., Kolosov A.Yu., Radyuk A.V. [et al.] Promising marker genes for productivity of farm animals. *Young scientist*. 2013;12(59):612–614. (In Russ.). EDN: RPCSED
13. Mikhailov. N.V., Getmantseva L.V., Svyatogorov N.A., Svyatogorova A.E Use of DNA markers in breeding of farm animals. *Nauka i obrazovaniye v zhizni sovremennogo obshchestva: sb. nauch. tr. po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 18 chastyakh* [Science and education in the life of modern society: collection of scientific papers based on materials of the International scientific and practical conference: in 18 parts]. 2013. Pp. 90-91. (In Russ.)
14. Serebrovsky A.S. *Geneticheskiy analiz*. [Genetic analysis]. Moscow: Nauka, 1970. 342 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Святogорова Александра Евгеньевна – кандидат сельскохозяйственных наук, учёный секретарь, Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», SPIN-код: 2369-0027

Третьякова Ольга Леонидовна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зооигиены имени академика П. Е. Ладана, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 6079-7324

Колосова Наталья Николаевна – кандидат философских наук, доцент, кафедры иностранных языков и социально-гуманитарных дисциплин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 9927-8101

Святogоров Николай Алексеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зооигиены имени академика П. Е. Ладана, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 9092-4579

Information about the authors

Alexandra E. Svyatogorova – Candidate of Agricultural Sciences, Scientific Secretary, North-Caucasian Zonal Research Veterinary Institute – Branch of the Federal Rostov Agrarian Scientific Center, SPIN-code: 2369-0027

Olga L. Tretyakova – Doctor of Agricultural Sciences, Sciences, Professor, Department of Farm Animal Breeding, Private Animal Science and Zoohygiene named after Academician P.E. Ladan, Don State Agrarian University, SPIN-code: 6079-7324

Natalya N. Kolosova – Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor, Department of Foreign Languages and Social and Humanitarian Disciplines, Don State Agrarian University, SPIN-code: 9927-8101

Nikolay A. Svyatogorov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Farm Animal Breeding, Private Animal Science and Zoohygiene named after Academician P.E. Ladan, Don State Agrarian University, SPIN-code: 9092-4579

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 18.11.2024;
одобрена после рецензирования 03.12.2024;
принята к публикации 12.12.2024.*

*The article was submitted 18.11.2024;
approved after reviewing 03.12.2024;
accepted for publication 12.12.2024.*

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса
Technologies, Machines and Equipment for the Agro-industrial Complex

Научная статья

УДК 620.22

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-88-95

Влияние структурных характеристик углеродных волокон
на механические свойства углепластиков
на основе фенилона

Владимир Закиевич Алоев¹, Заира Муссавна Жирикова^{✉2},
Кантемир Владимирович Алоев³

^{1,2}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

³Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, улица Миклухо-Маклая, 6,
Москва, Россия, 117198

¹aloev56@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5080-4133>

^{✉2}zaira.dumaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5268-5545>

³kantemir.aloev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-0765-9790>

Аннотация. Статья посвящена проблеме создания конструкционных полимерных композитов, обладающих высокими значениями эксплуатационных свойств. Наиболее перспективными для этих целей являются углепластики на основе фенилона, наполненные короткими углеродными волокнами. Наполнение фенилона твердыми волокнами повышает жесткость, сопротивляемость текучести, прочность, огнестойкость, вязкость разрушения, трибологическую износостойкость, снижает коэффициент теплового расширения и трения. Полимерные композиты на основе фенилона являются структурно сложными телами, состоящими из полимерной матрицы, наполнителя и межфазной области. Обнаружена зависимость структуры и свойств углепластиков от продолжительности смешения компонентов, причем эта зависимость имеет синергетический характер. Подобный характер структуры подразумевает взаимосвязь характера структуры с распределением, ориентацией и агрегацией углеродных волокон. Исследована зависимость управляющего параметра структуры углепластиков (фактора ориентации волокон) от продолжительности смешения компонентов во вращающемся электромагнитном поле для трех используемых длин неравновесных ферромагнитных частиц. Определена оптимальная длина ферромагнитных частиц, при которой возможна максимальная ориентация углеродных волокон в полимерной матрице. Показано, что фактор ориентации волокон определяет формирование структуры углепластиков только в определенных пределах, контролируемых молекулярными и структурными характеристиками полимерной матрицы. Использование вариации фрактальной размерности структуры углепластиков позволило рассчитать возможные изменения его механических свойств.

Ключевые слова: углеродное волокно, фенилон, ферромагнитные частицы, ориентация волокон, термический кластер, модуль упругости, фрактальная размерность

Для цитирования. Алоев В. З., Жирикова З. М., Алоев К. В. Влияние структурных характеристик углеродных волокон на механические свойства углепластиков на основе фенилона // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 88–95. doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-88-95

Original article

Influence of Structural Characteristics of Carbon Fibers on Mechanical Properties of Phenylon-based Carbon Fiber

Vladimir Z. Alov¹, Zaira M. Zhirikova^{✉2}, Kantemir V. Alov³

^{1,2}Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

³Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, 6 Miklukho-Maklay Street, Moscow, Russia, 117198

¹aloev56@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5080-4133>

^{✉2}zaira.dumaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5268-5545>

³kantemir.aloev@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the problem of creating structural polymer composites with high values of operational properties. The most promising for these purposes are phenylene-based carbon fiber plastics filled with short carbon fibers. Filling phenylene with hard fibers increases stiffness, flow resistance, strength, fire resistance, fracture toughness, tribological wear resistance, reduces the coefficient of thermal expansion and friction. Phenylene-based polymer composites are structurally complex bodies consisting of a polymer matrix, a filler and an interfacial region. The dependence of the structure and properties of carbon fiber plastics on the duration of mixing of the components has been found, and this dependence has a synergistic character. Such a nature of the structure implies the relationship of the nature of the structure from the distribution, orientation and aggregation of carbon fibers. The dependence of the control parameter of the carbon fiber structure (fiber orientation factor) on the duration of displacement of components in a rotating electromagnetic field for three lengths of nonequilibrium ferromagnetic particles used is investigated. The optimal length of ferromagnetic particles has been determined at which the maximum orientation of carbon fibers is possible. The structure of carbon fiber plastics is a synergetic system, which means that its main characteristics depend on the duration of displacement. The synergistic nature of the carbon fiber structure means the relationship between the nature of the structure and the distribution, orientation and aggregation of carbon fibers. It is shown that the fiber orientation factor determines the formation of the carbon fiber structure only within certain limits controlled by the molecular and structural characteristics of the polymer matrix. The use of variations in the fractal dimension of the carbon fiber structure made it possible to calculate possible changes in its mechanical properties.

Keywords: carbon fiber, phenylon, ferromagnetic particles, fiber orientation, thermal cluster, modulus of elasticity and fractal dimension

For citation. Alov V.Z., Zhirikova Z.M., Alov K.V. Influence of Structural Characteristics of Carbon Fibers on Mechanical Properties of Phenylon-based Carbon Fiber. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):88–95. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-88-95

Введение. В настоящее время наиболее перспективным для использования в качестве конструкционных материалов являются полимерные композиционные материалы, наполненные углеродными волокнами. Наполнение полимеров твердыми волокнами придает этим материалам ряд желательных свойств: повышает жесткость, сопротивляемость текучести, прочность, огнестойкость, вязкость разрушения, трибологическую износостойкость, снижает коэффициент теплового рас-

ширения и трения. При этом в качестве наиболее распространенных полимерных матриц следует назвать ароматический полиамид – фенилон [1].

Известно [2], что полимерные композиты являются структурно-сложными твердыми телами, основные структурные компоненты которых составляют полимерная матрица, наполнитель и межфазные области. Как показано в работе [3], структура углепластиков является синергетической системой, означающий

зависимость ее основных характеристик как функции продолжительности смещения.

Синергетический характер структуры углепластиков подразумевает взаимосвязь характера структуры с распределением, ориентацией и агрегацией углеродных волокон. В связи с этим **целью настоящей работы является** изучение влияния указанных характеристик на механические свойства углепластиков на основе фенилона.

Материалы, методы и объекты исследования. В качестве полимерного связующего использован ароматический полиамид фенилон С-2 [1], а в качестве наполнителя – углеродное волокно (УВ) диаметром $7\div 9$ мкм, длиной 3 мм. Содержание УВ составляло 15% (по массе). Композит готовили «сухим» способом, включающим смешение компонентов во вращающемся электромагнитном поле. Для этого в реактор загружали порошкообразный полимер, УВ и неравноосные ферромагнитные частицы длиной 20, 40 и 70 мм. Далее реактор помещали в расточку генератора электромагнитного аппарата. Под воздействием вращающегося электромагнитного поля ферромагнитные частицы начинают вращаться, сталкиваясь между собой, в результате чего улучшается степень ориентации УВ и равномерное (хаотическое) распределение их в полимерной матрице. В результате соударений частицы истираются и продукты износа попадают в композиты. Для удаления ферромагнитных частиц после смешения использовали два метода: магнитной и механической сепарации [4].

Образцы для исследования механических свойств готовили методом горячего прессования при температуре 603 К и давлении 55 МПа. Испытания на сжатие выполнены на машине FP-100 при температуре 293 К и скорости деформации 10^{-3} с^{-1} .

Результаты исследования. Исследование формирования структуры углепластиков на основе термостойкого ароматического полиамида фенилон С-2 проводили с использованием методов синергетики [5], фрактального анализа [6] и кластерной модели аморфного состояния полимеров [7].

Для количественной характеристики структуры углепластиков выбрана фрактальная (хаусдорфова) размерность d_f структуры углепластиков, являющаяся универсальным информа-

тором структурного состояния вещества, которая рассчитывалась из уравнения [8]:

$$d_f = (d - 1) (1 + v), \quad (1)$$

где:

d – размерность евклидова пространства, в котором рассматривается фрактал (очевидно, в нашем случае $d=3$);

v – коэффициент Пуассона, определяемый по результатам механических испытаний с помощью соотношения [9]:

$$\frac{\sigma_\tau}{E} = \frac{1 - 2\nu}{6(1 + \nu)}, \quad (2)$$

где:

σ_τ – предел текучести;

E – модуль упругости.

Следующей структурной характеристикой или управляющим параметром структуры углепластиков (точнее межфазных областей) является фактор ориентации волокон η [2], величину которого можно определить из следующего уравнения [10]:

$$\sigma_p^k = \eta \tau (\bar{l} / \bar{d}) \bar{\varphi}_n + \sigma_p^m (1 - \varphi_n) \quad (3)$$

где:

η – фактор ориентации волокон;

τ – предел текучести полимерной матрицы на сдвиг;

\bar{l} / \bar{d} – отношение средних значений длины и диаметра УВ;

φ_n – объемное содержание наполнителя ($\varphi_n \approx 0,056$);

σ_p^m – напряжение разрушения полимерной матрицы.

Для вычисления фактора ориентации волокон η согласно уравнению (3) приняты следующие значения входящих в него параметров:

$\tau = \frac{\sigma_\tau}{\sqrt{3}} = 46 \text{ МПа}$, $(\bar{l} / \bar{d}) \approx 300$, $\varphi_n \approx 0,056$. На-

пряжение разрушения полимерной матрицы σ_p^m рассчитано согласно формуле [11]:

$$\sigma_p^m = 1,4 \cdot 10^5 \left(\frac{\varphi_{кл}}{2N_A S l_0 C_\infty} \right)^{5/6}, \quad (4)$$

где:

$\varphi_{кл}$ – относительная доля областей локального порядка (кластеров) для объемной полимерной матрицы;

N_A – число Авогадро;

S – площадь поперечного сечения макромолекулы;

l_0 – длина скелетной связи основной цепи;

C_∞ – характеристическое отношение, которое является показателем статистической гибкости полимерной цепи [12].

Для фенилона $S=17,6 \text{ \AA}$ [13], $l_0=1,25 \text{ \AA}$ и $C_\infty=3$ [14], а величина $\varphi_{\text{кл}}$ определяется с помощью уравнения [6]:

$$d_f = 3 - 6(\varphi_{\text{кл}} / S \cdot C_\infty)^{1/2}, \quad (5)$$

где:

d_f – фрактальная (хаусдорфова) размерность структуры углепластиков, которая оценивается согласно формуле (1) при условии $d=3$, т.е.

$$d_f = 2(1 + \nu) \quad (6)$$

В уравнении (6) ν – коэффициент Пуассона, величину которого можно рассчитать по результатам механических испытаний с помощью уравнения (2).

В связи с тем, что при рассматриваемом способе приготовления углепластиков используются одни и те же полимерные связующие и наполнитель при их постоянном содержании, то естественно предположить, что изменение структуры и свойств углепластиков как функции времени t является следствием вариации структуры наполнителя. Под структурой наполнителя подразумевается сочетание таких факторов, как ориентация волокон, степень их агрегации и распределение волокон в полимерной матрице.

Как показано в работе [3], изменение распределения углеродных волокон в полимерной матрице, определяющего синергетический характер структуры углепластиков, реализуется за счет вращения в электромагнитном поле неравноосных ферромагнитных частиц. Исследованы углепластики, полученные с использованием ферромагнитных частиц с длиной $l_\phi=40$ мм. В работе [15] исследовано влияние длины ферромагнитных частиц на изменение структуры углепластиков как функции продолжительности смешивания компонентов во вращающемся электромагнитном поле.

На рисунке 1 приведены результаты исследования зависимости управляющего па-

раметра структуры углепластиков (фактора ориентации волокон) η от продолжительности смешивания t компонентов во вращающемся электромагнитном поле t для трех используемых длин неравноосных ферромагнитных частиц. Как можно видеть, форма кривых $\eta(t)$ для всех трех l_ϕ одинакова. В области периодического (упорядоченного) поведения наблюдается экстремальное поведение η , а затем при переходе к хаотическому поведению – выход на асимптотическую величину $\eta \approx 0,25$, одинаковую для всех использованных значений l_ϕ . В области $t < 180$ с абсолютные значения η являются четко выраженной функцией l_ϕ : наименьшие η получены для $l_\phi=20$ мм, наибольшие – для $l_\phi=40$ мм, тогда как η для $l_\phi=70$ мм имеют промежуточные значения. Можно предположить, что ферромагнитные частицы с $l_\phi=20$ мм слишком короткие для эффективной ориентации волокон, а частицы $l_\phi=70$ мм слишком длинные и им трудно ориентироваться в электромагнитном поле. Таким образом, оптимальная длина ферромагнитных частиц составляет примерно 40 мм. Выход величин η на асимптотическую ветвь при $t \geq 80$ с, предполагает суперпозицию длина ферромагнитных частиц – время.

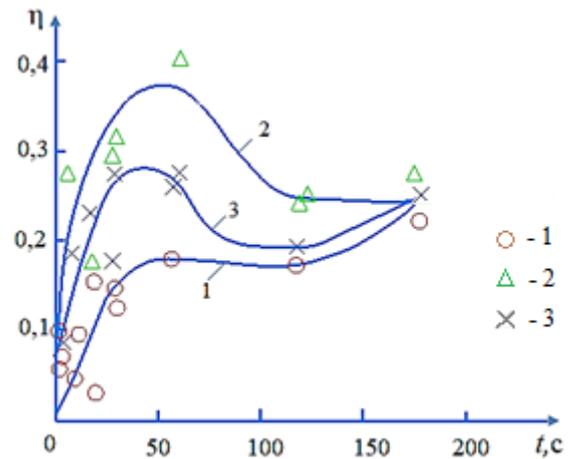


Рисунок 1. Зависимость фактора ориентации волокон η от продолжительности смешивания компонентов во вращающемся электромагнитном поле t для углепластиков на основе фенилона с применением ферромагнитных частиц длиной 20 (1), 40 (2) и 70 (3) мм

Figure 1. Dependence of the fiber orientation factor η on the duration of mixing of components in a rotating electromagnetic field t for carbon fiber plastics based on phenylene using ferromagnetic particles with lengths of 20 (1), 40 (2) and 70 (3) mm

Управляющий параметр структуры углепластиков η определяет ее характеристики, что следует из зависимости фрактальной размерности структуры d_f от η , приведенной на рис. 2. Как видно, эта зависимость линейна, наблюдается рост d_f по мере увеличения η , но большее число данных позволяет получить более общую корреляцию, где наиболее интересны предельные случаи, т.е., участки, где величина d_f не зависит от η , а контролируется молярными и структурными характеристиками полимерной матрицы. Как следует из данных рис. 2, при $\eta \leq 0,15$ величины d_f отклоняются от линейной зависимости и подчиняются условию $d_f = \text{const} = 2,25$. Оценить теоретически это граничное значение d_f можно двумя способами [15]. Во-первых, в рамках концепции термического кластера максимальная величина $\phi_{\text{кл}}$ дается уравнением [16]:

$$\phi_{\text{кл}} = \left(\frac{T_c - T}{T_c} \right)^{0,4}, \quad (7)$$

где:

T_c и T – температуры стеклования и испытаний соответственно. При условии, что $T_c = 540$ К и $T = 293$ К, получим $\phi_{\text{кл}} \approx 0,74$. В свою очередь, предельное значение C_∞ можно оценить с помощью эмпирического уравнения [17]:

$$T_c = 191(S / C_\infty)^{1/2},$$

согласно которому $C_\infty = 2,20$.

Расчет согласно уравнению (5) при указанных предельных значениях $\phi_{\text{кл}}$ и C_∞ дает минимальное значение $d_f = 2,17$ для углепластиков, что хорошо согласуется с величиной $d_f = 2,25$, полученной из графика на рис. 2.

Второй метод оценки нижней границы d_f предполагает использование уравнения [6]:

$$C_\infty = \frac{2d}{d(d-1)(d-d_f)} + \frac{4}{3}, \quad (8)$$

Согласно которому при $C_\infty = 2,20$ снова $d_f = 2,17$. Таким образом, теоретическая оценка нижней граничной величины d_f (штриховая горизонтальная линия 1 на рис. 2) хорошо согласуется с данными полученными из графика на рис. 2.

Оценить верхнее предельное значение d_f можно аналогичным способом, но для этого в уравнении (7) используется показатель

1,60, а $C_\infty = 3$ [16]. Тогда минимальная величина $\phi_{\text{кл}} = 0,286$ и согласно уравнению (5) максимальное значение $d_f = 2,56$, что снова хорошо согласуется с данными рис. 2. Следовательно, зависимость $d_f(\eta)$ для углепластиков в общем случае аналитически можно выразить так [15]:

$$\left. \begin{aligned} d_f &= 2,11, \text{ для } \eta \leq 0,15, \\ d_f &= 2 + 1,77\eta, \text{ для } 0,15 < \eta < 0,35, \\ d_f &= 2,56, \text{ для } \eta \geq 0,35. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

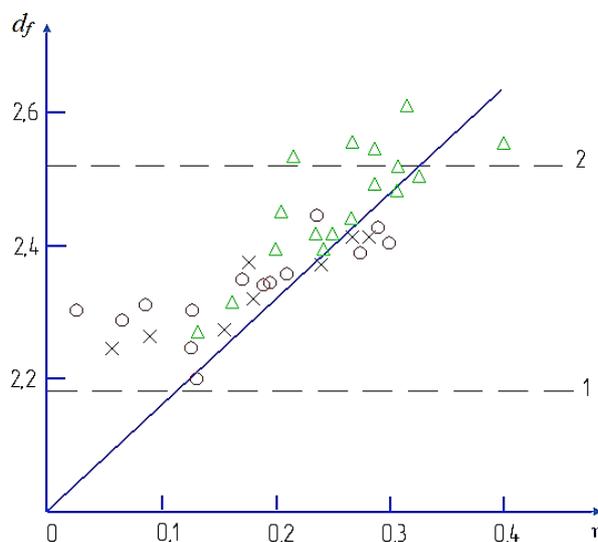


Рисунок 2. Зависимость фрактальной размерности структуры d_f от фактора ориентации волокон η для углепластиков на основе фенолона. Горизонтальные штриховые линии указывают теоретические минимальное (1) и максимальное (2) значения d_f . Обозначения те же, что и на рисунке 1

Figure 2. Dependence of the fractal dimension of the d_f structure on the fiber orientation factor η for carbon fiber plastics based on phenylene. Horizontal dashed lines indicate the theoretical minimum (1) and maximum (2) values of d_f . The designations are the same as in Figure 1

Структурная характеристика d_f определяет свойства углепластиков, что позволяет получить соотношения структура – свойства для них. Для проверки этого положения авторы [15] выбрали модуль упругости E_k , характеризующий жесткость углепластиков. На рис. 3 приведена зависимость $E_k(d_f)$, которая оказалась общей для всех трех величин l_ϕ . Оценим предельные значения E_k , исходя из определенных выше соответствующих

величин d_f . Как известно [18], размерности d_f и D_f связаны между собой уравнением

$$D_f = 1 + \frac{1}{3 - d_f} \quad (10)$$

Используя уравнение

$$E_k = 10,8\sigma_t(AD_f - 1) \quad (11)$$

при $\sigma_t = \text{const} = 230$ МПа, $A = \text{const} = 0,9$ и рассчитанные выше предельные значения d_f , получим минимальное значение $E_k = 1,35$ Па, а максимальное – $E_k = 3,21$ ГПа, что превосходно согласуется с данными рисунка 3. Экстраполяция графика $E_k(d_f)$ к $d_f = 2,0$ дает $E_k \approx 1,1$ ГПа, а расчет E_k по уравнению (11) при $D_f = d_f = 2$ – величину 1 ГПа, т.е., достаточно близкие значения.

Выводы. Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что максимальная ориентация углеродных волокон возможна при оптимальной длине ферромагнитных частиц, применяемых при смешивании компонентов. Показано, что фактор ориентации волокон определяет формирование структуры углепластиков только в определенных пределах, контролируемых молекулярными и структурными характеристиками

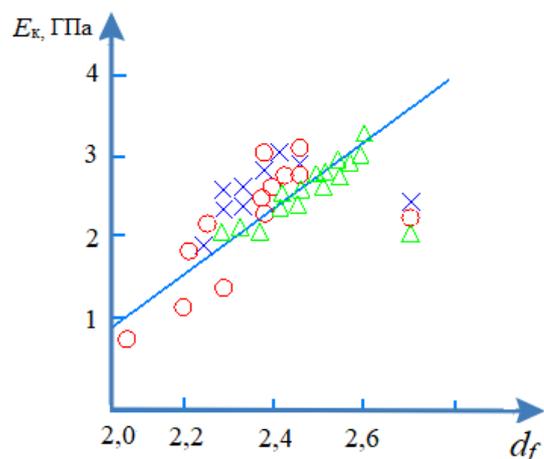


Рисунок 3. Зависимость модуля упругости E_k от фрактальной размерности структуры d_f для углепластиков на основе фенилона.

Обозначения те же, что и на рисунке 1

Figure 3. Dependence of the elastic modulus of the E_k on the fractal dimension of the d_f structure for carbon fiber plastics based on phenylene.

The designations are the same as in Figure 1

полимерной матрицы. Использование вариации фрактальной размерности структуры углепластиков позволило рассчитать возможные изменения его механических свойств.

Список литературы

1. Соколов Л. Б., Кузнецов Г. А., Герасимов В. Д. Фенилон – термостойкий ароматический полиамид // Пластические массы. 1967. № 9. С. 21–23.
2. Буря А. И., Козлов Г. В. Описание формирования структуры углепластиков в рамках синергетики твердого тела // Композиционные материалы в промышленности: материалы 24-й ежегодной Международной научно-практ. конф., 31 мая-4 июня 2004. Ялта-Киев: УИН «Наука, техника. Технология», 2004. С. 246–248.
3. Буря А. И., Козлов Г. В. Синергетика структуры полимерных композитов, формируемой во вращающемся электромагнитном поле // Наука, техника и высшее образование: проблемы и тенденции развития: материалы научно-практической конференции. Вып.1. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2004. С. 56–58.
4. Буря А. И., Козлов Г. В., Свердловская О. С. Синергетика формирования межфазных областей в углепластике на основе фенилона // Вопросы химии и химической технологии. 2004. № 4. С. 109–112.
5. Иванова В. С., Кузеев И. Р., Закирничная М. М. Синергетика и фракталы. Универсальность механического поведения материалов. Уфа: Изд-во УГНТУ. 1998. 363 с. EDN: UKMQFB
6. Козлов Г. В., Новиков В. У. Синергетика и фрактальный анализ сетчатых полимеров. Москва: Классика, 1998. 112 с.
7. Козлов Г. В., Новиков В. У. Кластерная модель аморфного состояния полимеров // Успехи физических наук. 2001. Т. 171. № 7. С. 717–764.
8. Баланкин А. С. Синергетика деформируемого тела. Москва: Изд-во МО СССР. 1991. 404 с.
9. Козлов Г. В., Сандитов Д. С. Ангармонические эффекты и физико-механические свойства полимеров. Новосибирск: Наука, 1994. 261 с.
10. Товмасян Ю. М., Тополкараев В. А., Берлин Ал. Ал. Структурная организация и механические свойства полиэтилена высокой плотности, наполненного короткими стекловолокнами // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 1986. Т. 28. № 6. С. 1162–1167.

11. Новиков В. У., Козлов Г. В., Липатов Ю. С. Исследование межфазного слоя в наполненных полимерах и использование концепции фракталов // Пластические массы. 2003. № 10. С. 4–8.
12. Будтов В. П. Физическая химия растворов полимеров. Санкт-Петербург: Химия. 1992. 384 с.
13. Aharoni S.M. Correlations between chain parameters and failure characteristics of polymers below their glass transition temperature // *Macromolecules*. 1985. Vol. 18. No. 12. Pp. 2624–2630.
14. Aharoni S.M. on entanglements of flexible and rod like polymers // *Macromolecules*. 1983. Vol. 16. No. 9. Pp. 1722–1728.
15. Козлов Г. В., Шустов Г. Б., Буря А. И. Влияние длины ферромагнитных частиц на структуру и свойства углепластиков на основе фенолона // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2004. № 9. С. 156–162.
16. Козлов Г. В., Липатов Ю. С. Описание структуры полимерной матрицы дисперсно-наполненных композитов как термического кластера: Критические индексы // *Механика композитных материалов*. 2003. Т. 39. № 1. С. 89–96.
17. Новиков В. Н., Козлов Г., Заиков Г. Е. Прогнозирование структуры и свойств полимеров при квазистатическом растяжении // *Каучук и резина*. 1999. № 1. С. 13–19.
18. Новиков В. У., Козлов Г. В. Фрактальная параметризация структуры наполненных полимеров // *Механика композитных материалов*. 1999. Т.35. № 3. С. 269–290.

References

1. Sokolov L.B., Kuznetsov G.A., Gerasimov V.D. Phenylon – heat-resistant aromatic polyamide. *Plasticheskiye massy*. 1967;(9):21–23. (In Russ.)
2. Burya A.I., Kozlov G.V. Description of the formation of the structure of carbon fiber reinforced plastics within the framework of solid state synergetics. *Kompozitsionnyye materialy v promyshlennosti: materialy 24-y yezhegodnoy Mezhdunarodnoy nauchno-prakt. konf., 31 maya-4 iyunya 2004* [Composite materials in industry: Proc. of the 24th annual International scientific-practical. conf., May 31-June 4, 2004. Yalta-Kyiv: UIN "Nauka, tekhnika. Tekhnologiya", 2004. Pp. 246–248. (In Russ.)
3. Burya A.I., Kozlov G.V. Synergetics of the structure of polymer composites formed in a rotating electromagnetic field. *Nauka, tekhnika i vyssheye obrazovaniye: problemy i tendentsii razvitiya: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Vyp.1* [Science, technology and higher education: problems and development trends. Proceedings of the scientific and practical conference. Issue 1]. Rostov-on-Don: Izd-vo RGU, 2004. Pp. 56–58. (In Russ.)
4. Burya A.I., Kozlov G.V., Sverdlikovskaya O.S. Synergetics of interphase formation in carbon fiber reinforced plastics based on phenylone. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. 2004;(4):109–112. (In Russ.)
5. Ivanova V.S., Kuzeev I.R., Zakirnichnaya M.M. *Sinergetika i fraktaly. Universal'nost' mekhanicheskogo povedeniya materialov*. [Synergetics and fractals. Universality of mechanical behavior of materials]. Ufa: Izd-vo UGNTU, 1998. 363 p. (In Russ.). EDN: UKMQFB
6. Kozlov G.V., Novikov V.U. *Sinergetika i fraktal'nyy analiz setchatykh polimerov* [Synergetics and fractal analysis of network polymers]. Moscow: Klassika. 1998. 112 p. (In Russ.)
7. Kozlov G.V., Novikov V.U. Cluster model of the amorphous state of polymers. *Uspekhi fizicheskikh nauk*. 2001;171(7):717–764. (In Russ.)
8. Balankin A.S. *Sinergetika deformiruyemogo tela* [Synergetics of a deformable body]. Moscow: Izd-vo MO SSSR. 1991. 404 p. (In Russ.)
9. Kozlov G.V., Sanditov D.S. *Angarmonicheskie efekty i fiziko-mekhanicheskie svoystva polimerov* [Anharmonic effects and physico-mechanical properties of polymers]. Novosibirsk: Nauka. 1994. 261 p. (In Russ.)
10. Tovmasyan Yu.M., Topolkaev V.A., Berlin A.I. Structural organization and mechanical properties of high-density polyethylene filled with short glass fibers. *Polymer Science. Series A*. 1986;28(6):1162–1167. (In Russ.)
11. Novikov V.U., Kozlov G.V., Lipatov Yu.S. Study of the interfacial layer in filled polymers and the use of the fractal concept. *Plasticheskiye massy*. 2003;(10):4–8. (In Russ.)
12. Budtov V.P. *Fizicheskaya khimiya rastvorov polimerov* [Physical chemistry of polymer solutions]. Saint Petersburg: Khimiya, 1992. 384 p. (In Russ.)
13. Aharoni S.M. Correlations between chain parameters and failure characteristics of polymers below their glass transition temperature. *Macromolecules*. 1985;18(12):2624–2630.

14. Aharoni S.M. on entanglements of flexible and rod like polymers. *Macromolecules*. 1983;16(9):1722–1728.
15. Kozlov G.V., Shustov G.B., Burya A.I. Influence of the length of ferromagnetic particles on the structure and properties of carbon fiber reinforced plastics based on phenylone. *University News. North-Caucasian region. Technical sciences*. 2004;(9):156–162. (In Russ.)
16. Kozlov G.V., Lipatov Yu.S. Description of the structure of the polymer matrix of dispersed-filled composites as a thermal cluster: Critical indices. *Mechanics of Composite Materials*. 2003;39(1):89–96. (In Russ.)
17. Novikov V.N., Kozlov G., Zaikov G.E. Prediction of the structure and properties of polymers under quasi-static tension. *Kauchuk i rezina*. 1999;(1):13–19. (In Russ.)
18. Novikov V.U., Kozlov G.V. Fractal parametrization of the structure of filled polymers. *Mechanics of Composite Materials*. 1999;35(3):269–290. (In Russ.)

Сведения об авторах

Алоев Владимир Закиевич – доктор химических наук, профессор кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4533-8035, Scopus ID: 6505993830, Researcher ID: AAF-3822-2022

Жирикова Заира Муссавна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4378-8131, Scopus ID: 55558043600, Researcher ID: AAF-3690-2022

Алоев Кантемир Владимирович – аспирант кафедры теории права и государства, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», SPIN-код: 6392-4344, Researcher ID: AAF-3822-2022

Information about the authors

Vladimir Z. Aloev – Doctor of Chemical Sciences, Professor in the chair of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN- code: 4533-8035, Scopus ID: 6505993830, Researcher ID: AAF-3822-2022

Zaira M. Zhirikova – Candidate of Physic-mathematical Sciences, Associate Professor at the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4378-8131, Scopus ID: 55558043600 Researcher ID: AAF-3690-2022

Aloev K. Vladimirovich – Postgraduate Student of the Department of Theory of Law and State, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, SPIN-code: 6392-4344, Researcher ID: AAF-3822-2022

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Научная статья

УДК 631.372:621.436.1

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-96-104

Исследование влияния природно-климатических и дорожных условий на эксплуатационные показатели автомобиля

Аслан Каральбиевич Апажев¹, Юрий Ахметханович Шекихачев^{✉2},
Хачим Хазраилович Ашабоков³, Людмила Зачиевна Шекихачева⁴

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

¹kbr.apagev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5448-5782>

^{✉2}shek-fmep@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6300-0823>

³hachik917@mail.ru

⁴sh-ludmila-z@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5987-1500>

Аннотация. В зависимости от природно-климатических или метеорологических условий, характеристик дорожной инфраструктуры существенно могут изменяться состояние покрытия дороги, видимость, тепловой режим работы агрегатов и др., что сказывается на скоростном режиме и экономичности работы автомобиля. В результате проведенных исследований установлено, что средняя скорость движения грузовых автомобилей в горных условиях примерно на 40-50% ниже, а расходы топлива на 10-15% выше, чем в равнинных условиях. В высокогорных условиях в 5-6 раз возрастает загрузка низких ступеней трансмиссии. Значения крутящего момента двигателя снижаются в 1,5-1,7 раза. Эффективная мощность двигателя падает на 40-50%. Время и путь разгона до заданной скорости увеличиваются в 2,5-3 раза. При повышении температуры воздуха во впускном трубопроводе на 10°C эффективная мощность дизелей без наддува и с наддувом от приводного нагнетателя уменьшается в среднем на 2,2%, а при постоянной ограниченной дымности на 3%. Мощность карбюраторных двигателей в этих же условиях уменьшается в среднем на 1,8%. Кроме того, изменение температуры приводит к изменению суммарного сопротивления движению, что влияет на расход топлива и среднюю скорость автомобиля. При переходе продольных уклонов от спусков к подъемам пропускная способность дорог плавно увеличивается и лишь на подъемах свыше 4% начинает резко снижаться. Влияние радиуса кривых в плане на скорость движения автомобилей наиболее существенно до значений 250 м, после чего скорость возрастает монотонно. Состояние дорожного покрытия или ровность дорог также оказывают существенное влияние на среднюю скорость движения автомобилей и расход топлива: с ухудшением ровности покрытия резко снижается средняя скорость и повышается расход топлива.

Ключевые слова: автомобиль, двигатель, эксплуатация, мощность, топливо, экономичность, дорожное покрытие

Для цитирования. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А., Ашабоков Х. Х., Шекихачева Л. З. Исследование влияния природно-климатических и дорожных условий на эксплуатационные показатели автомобиля // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 96–104. doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-96-104

Original article

Research of the Influence of Natural, Climatic and Road Conditions on Vehicle Performance Indicators

Aslan K. Apazhev¹, Yuri A. Shekikhachev^{✉2}, Khachim H. Ashabokov³,
Luda Z. Shekikhacheva⁴

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030

¹kbr.apagev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5448-5782>

^{✉2}shek-fmep@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6300-0823>

³hachik917@mail.ru

⁴sh-ludmila-z@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5987-1500>

Abstract. Depending on natural, climatic or meteorological conditions, the characteristics of the road infrastructure, the condition of the road surface, visibility, thermal operating conditions of units, etc. can significantly change, which affects the speed limit and efficiency of the vehicle. As a result of the studies, it was found that the average speed of trucks in mountainous conditions is approximately 40-50% lower, and fuel consumption is 10-15% higher than in flat conditions. In high mountain conditions, the load on the low stages of the transmission increases by 5-6 times. Engine torque values are reduced by 1.5-1.7 times. The effective engine power drops by 40-50%. The time and distance of acceleration to a given speed increases by 2.5-3 times. When the air temperature in the intake pipe increases by 10°C, the effective power of diesel engines without supercharging and with supercharging from a drive supercharger decreases by an average of 2.2%, and with constant limited smoke by 3%. The power of carburetor engines under the same conditions decreases by an average of 1.8%. In addition, a change in temperature leads to a change in the total resistance to movement, which affects fuel consumption and the average speed of the car. During the transition of longitudinal slopes from descents to ascents, the road capacity gradually increases and only on ascents of more than 4% begins to sharply decrease. The influence of the radius of curves in the plan on the speed of vehicles is most significant up to values of 250 m, after which the speed increases monotonically. The condition of the road surface or the smoothness of roads also have a significant impact on the average speed of vehicles and fuel consumption: as the smoothness of the surface deteriorates, the average speed sharply decreases and fuel consumption increases.

Keywords: car, engine, operation, power, fuel, efficiency, road surface

For citation. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Ashabokov Kh.H., Shekikhacheva L.Z. Research of the Influence of Natural, Climatic and Road Conditions on Vehicle Performance Indicators. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):96–104. (In Russ.).
doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-96-104

Введение. Условия эксплуатации автомобилей различны. Можно выделить дорожные, нагрузочные, климатические, эксплуатационно-технические и прочие условия [1–7]. Тип, конструкция и техническая характеристика автомобиля должны соответствовать условиям его эксплуатации, в частности, в зависимости от того, на каких дорогах будет работать автомобиль, в конструкции его могут быть существенные различия.

Автомобили, предназначенные для работы на дорогах большой ширины, равнинного профиля, с гладким бетонным покрытием, обычно проще по конструкции, имеют высо-

кие показатели скоростных свойств и топливной экономичности.

Автомобили, предназначенные для работы на грунтовых дорогах и в условиях бездорожья, имеют, как правило, привод на все колеса, шины с регулируемым давлением и другие специальные устройства; грузоподъемность таких автомобилей обычно меньше, собственная масса больше, ниже скорость движения, топливная экономичность и долговечность. Это объясняется тем, что вследствие значительных сопротивлений движению силовая напряженность деталей и узлов таких автомобилей гораздо выше.

Однако при эксплуатации на дорогах с усовершенствованным покрытием производительность и экономичность работы автомобилей могут изменяться в значительных пределах в зависимости от продольного профиля, плана, состояния покрытия и места расположения дорог. На дорогах, расположенных в пересеченной местности, с крутыми и затяжными подъемами, закрытыми поворотами с малыми радиусами кривизны в плане, как известно, сопротивление движению повышается, что значительно снижает среднюю скорость и повышает расход топлива. Наличие неровностей (выбоин) резко снижает скорости движения и увеличивает расходы топлива, уменьшает долговечность агрегатов автомобиля, обуславливает применение более сложной конструкции подвески.

В зависимости от природно-климатических или метеорологических условий, характеристик дорожной инфраструктуры существенно могут изменяться состояние покрытия дороги, видимость, тепловой режим работы агрегатов и др., что сказывается на скоростном режиме и экономичности работы автомобиля [8–15].

Цель исследования – установить влияние внешних факторов на показатели топливной экономичности автомобиля.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования базируются на методах физического и математического моделирования, сравнения. В качестве объекта исследования использован автомобиль. Параметры технического состояния автомобиля установлены по результатам экспериментальных исследований. Результаты расчетов обработаны с помощью пакета прикладных программ «STATISTICA-5.0».

Результаты исследования. К основным параметрам, определяющим взаимодействие автомобиля с внешними факторами (дорогой и окружающей средой), обычно относят скоростную характеристику двигателя, КПД трансмиссии, радиусы колес, координаты центра тяжести, моменты инерции автомобиля.

Изменение атмосферных условий сказывается, как известно, на работе двигателя, трансмиссии и всей ходовой части автомобиля, особенно шин, что заметно влияет на выходные характеристики автомобиля, в частности, на изменение средней скорости и расхода топлива.

При работе автомобилей в высокогорных условиях, например, на высоте 3000–4000 м над уровнем моря, наблюдается значительное ухудшение их тягово-скоростных свойств и топливной экономичности вследствие больших потерь мощности двигателя. Эти потери обусловлены, главным образом, снижением плотности воздуха и, как следствие, снижением коэффициента наполнения цилиндров двигателя.

По результатам исследований режимов работы грузовых автомобилей и автопоездов в указанных условиях можно отметить следующее: средняя скорость движения грузовых автомобилей в горных условиях примерно на 40–50% ниже, а расходы топлива на 10–15% выше, чем в равнинных условиях. В высокогорных условиях в 5–6 раз возрастает нагрузка низких ступеней трансмиссии. Значения крутящего момента двигателя снижаются в 1,5–1,7 раза. Эффективная мощность двигателя падает на 40–50%. Время и путь разгона до заданной скорости увеличиваются в 2,5–3 раза. Максимальная скорость на высшей ступени трансмиссии уменьшается примерно в 2 раза. Изменяется характер протекания характеристики крутящего момента, в частности, максимальные его значения смещаются в сторону меньших частот вращения коленчатого вала двигателя. Удельный расход топлива двигателя g_e возрастает до 40–45%, а расход топлива автомобилем Q_s до 30–40%.

Приведенные данные свидетельствуют о значительной потере эффективности работы двигателя и автомобиля в целом в высокогорных условиях и необходимости специальных мер компенсации (хотя бы частичной) потерь мощности.

В качестве таких мер применяют специальные регулировки системы смесеобразования (карбюрации) или топливоподачи (у дизелей), направленные на обеднение смеси, подбор фаз газораспределения, повышение степени сжатия, непосредственный впрыск топлива для карбюраторных двигателей, оптимизацию параметров трансмиссии. Но самой эффективной мерой следует считать турбонаддув, устраняющий первопричину, т. е. подачу воздуха с низкой плотностью. Эта мера коренным образом улучшает рабочий процесс двигателя в условиях разреженной атмос-

сферы. Использование турбонаддува с избыточным давлением 29,4-34,4 кПа полностью восстанавливает наполняемость двигателя на высотах до 4000 м над уровнем моря.

Влияние температуры, давления и влажности воздуха на эффективность работы двигателя и автомобиля исследовалось как на стенде, так и в дорожных условиях. Из результатов экспериментальных исследований следует, что при повышении температуры воздуха во впускном трубопроводе на 10°C эффективная мощность дизелей без наддува и с наддувом от приводного нагнетателя уменьшается в среднем на 2,2%, а при постоянной ограниченной дымности на 3%. Мощность карбюраторных двигателей в этих же условиях уменьшается в среднем на 1,8%.

Часовой расход топлива у дизелей уменьшается примерно на 1,5%, у карбюраторных двигателей он в значительной мере зависит от конструкции карбюратора. Снижение мощности при повышении температуры сопровождается увеличением удельного расхода топлива.

При повышении относительной влажности воздуха (при температуре 40°C) на 10% эффективная мощность двигателей (дизелей и карбюраторных) уменьшается в среднем на 0,75%.

На работу других агрегатов, и прежде всего трансмиссии и шин, основное влияние оказывает температура окружающего воздуха. Изменение температуры приводит к изменению суммарного сопротивления движению, что влияет на расход топлива и среднюю скорость автомобиля.

Проведенное исследование показывает, что интенсивность изменения температуры масла в агрегатах зависит от пройденного пути, а установившаяся температура в агрегатах – от скорости движения.

Повышение температуры в зависимости от пути носит нелинейный характер: интенсивность роста температуры ослабевает с увеличением пути и затем стабилизируется.

При движении автопоезда по дороге с переменным профилем с допустимой скоростью свыше 90 км/ч (средняя скорость 70 км/ч) интенсивный нагрев масла в двигателе наблюдается при пробеге примерно 30 км, в коробке передач и ведущих мостах – при пробеге 50 км.

Интенсивное снижение расхода топлива происходит при пробеге автомобиля до 40 км. Устойчивое тепловое состояние в агрегатах, в частности ведущих мостах, наступает при пробеге автомобилей 50 км, при этом расход топлива снижается примерно на 20-25%. Зависимость температуры масла в картере двигателя, коробке передач и ведущих мостах, топлива на сливе из насоса высокого давления и воздуха во впускном трубопроводе от температуры окружающей среды носит линейный характер. Наклон прямых различен; применительно к маслам наименьший наклон имеет прямая изменения температуры масла в двигателе, наибольший – в коробке передач (до 45°). Примерно такой же наклон (до 45°) имеют прямые, относящиеся к топливу и воздуху.

Количественно зависимости характеризуются следующими данными. При повышении температуры внешней среды на 10°C установившаяся температура повышается: масла в двигателе на 2,5-3°C, масла в коробке передач на 8-10°C, масла в ведущих мостах на 15-20°C, топлива в топливном баке на 9,5-10°C, воздуха во впускном трубопроводе на 9-10°C. При уменьшении передаточного числа главной передачи температура масла в агрегатах несколько снижается, особенно в ведущих мостах.

В зависимости от температуры окружающей среды суммарное сопротивление движению изменяется линейно при любых значениях скорости автомобиля. При повышении температуры среды на 10°C суммарное сопротивление движению снижается примерно на 8-10% и расход топлива на 6-7%. При снижении температуры среды от +10 до -30°C расход топлива увеличивается до 25% (применительно к автопоезду бх4 коэффициент приведения равен 0,23-0,24 л/°С). Все это свидетельствует о важности и необходимости учета влияния температуры окружающей среды на показатели топливной экономичности (на показатели скоростных свойств влияние несущественно) при эксплуатации автомобилей в различных климатических зонах. Кроме того, это указывает на необходимость приведения результатов испытаний к одинаковым условиям (к одной температуре воздуха), в противном случае результаты окажутся несравнимыми.

Каждый автомобиль, как известно, обладает определенной курсовой устойчивостью и практически не может двигаться строго прямолинейно даже на прямых горизонтальных участках дороги. Это обусловлено действием возмущающих сил от неровностей дороги, наличием зазоров в рулевом управлении и ходовой части, эластичностью шин, их уводом и проскальзыванием. Величина отклонений от заданного теоретического направления зависит от скорости движения, технического состояния автомобиля, ровности дорожного покрытия и других факторов. Все это сказывается на средней скорости движения и расходе топлива.

Еще большее влияние на показатели автомобиля оказывают продольный профиль дороги, ее криволинейность в плане, ширина проезжей части, наличие пересечений, ровность покрытия.

На прямых участках дорог с переменным продольным профилем наибольшие скорости движения наблюдаются на пологих спусках (до 23%) и горизонтальных участках. По мере увеличения уклонов скорости снижаются (табл. 1), причем на подъемах в большей степени, чем на спусках, что видно из приведенных ниже данных по скоростям движения.

Таблица 1. Влияние уклона на среднюю скорость транспортных средств

Table 1. Effect of slope on average vehicle speed

Уклон, %	-8	-4	0	+4	+8
Средняя скорость, км/ч: автобусов	51	56	55	37	16
грузовых автомобилей	50	55	55	42	27
легковых автомобилей	65	73	78	70	45

При переходе продольных уклонов от спусков к подъемам пропускная способность дорог плавно увеличивается и лишь на подъемах свыше 4% начинает резко снижаться. Влияние радиуса кривых в плане на скорость движения автомобилей наиболее существенно до значений 250 м, после чего скорость возрастает монотонно. Аналогичный характер имеет зависимость пропускной способности от радиуса кривых. При малых значениях

радиусов кривых в плане значительно возрастает средний расход топлива, особенно у грузовых автомобилей и автобусов.

Это подтверждают приведенные в табл. 2 данные, полученные при испытаниях грузового автомобиля типа 6Х4 на круговых траекториях с радиусом 20-50 м.

Таким образом, можно заключить, что при движении автомобиля по кривым в плане изменения радиуса кривых и скорости движения одинаково существенны по своему количественному влиянию на расход топлива.

Таблица 2. Влияние радиусов кривых на расход топлива

Table 2. Influence of curve radii on fuel consumption

Радиус кривой, м	Расход топлива на 100 км, л, при скорости (км/ч)			
	25	30	35	40
20	48	–	–	–
30	38	47	62	–
35	30	38	49	68
40	28	32	40	52
50	25	26	30	38

Состояние дорожного покрытия и ровность дорог также оказывают существенное влияние на среднюю скорость движения автомобилей и расход топлива: с ухудшением ровности покрытия резко снижается средняя скорость и повышается расход топлива. Работа подвески в определенной мере компенсирует влияние ровности дорог; чем выше качество подвески, тем с большей скоростью может двигаться автомобиль по дороге с данной ровностью покрытия и тем меньше будет расход топлива в этих условиях движения.

Увеличение высоты неровностей дорог с 6,4 мм (бетонная ровная дорога) до 22 мм (булыжная среднего качества) приводит к снижению средней скорости грузового автомобиля типа ГАЗ С41RB3 «ГАЗон NEXT 10» с 81 до 47,5 км/ч (примерно на 41%) в нагруженном состоянии и с 82,5 до 52,5 км/ч (на 37%) без груза, при этом среднее квадратическое отклонение скорости движения увеличивается более чем в 3 раза. При уровне неровностей 22 мм скоростные свойства автомобиля и мощность двигателя реализуются в среднем на 56,57%. Вертикальные динамические

нагрузки на колеса в этом случае могут превышать статические более чем в 3 раза. При этом резко снижается стабильность контакта колес с дорогой (вероятность до 11-17%). Поэтому в этих условиях средняя скорость движения автомобиля будет в значительной степени зависеть не от мощности двигателя, а от качества подвески и величины неподрессоренных масс. В зависимости от степени неровностей дороги, дополнительное увеличение коэффициента сопротивления качению может достигать 0,019, что превышает значение этого коэффициента на ровной дороге примерно в 1,7 раза.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что средняя скорость движения грузовых автомобилей в горных условиях примерно на 40-50% ниже, а расход топлива на 10-15% выше, чем в равнинных условиях. В высокогорных условиях в 5-6 раз возрастает загрузка низких ступеней трансмиссии. Значения крутящего момента двигателя снижаются в 1,5-1,7 раза. Эффективная мощность двигателя падает на 40-50%. Время и путь разгона до заданной скорости увеличиваются в 2,5-3 раза. Это свидетельствует о значительной потере эффективности работы двигателя и автомобиля в целом в высокогорных условиях и необходимости специальных мер компенсации (хотя бы частичной) потерь мощности.

При повышении температуры воздуха во впускном трубопроводе на 10°C эффективная

мощность дизелей без наддува и с наддувом от приводного нагнетателя уменьшается в среднем на 2,2%, а при постоянной ограниченной дымности на 3%. Мощность карбюраторных двигателей в этих же условиях уменьшается в среднем на 1,8%. Кроме того, изменение температуры приводит к изменению суммарного сопротивления движению, что влияет на расход топлива и среднюю скорость автомобиля. Это свидетельствует о важности и необходимости учета влияния температуры окружающей среды на показатели топливной экономичности при эксплуатации автомобилей в различных климатических зонах.

При переходе продольных уклонов от спусков к подъемам пропускная способность дорог плавно увеличивается и лишь на подъемах свыше 4% начинает резко снижаться. Влияние радиуса кривых в плане на скорость движения автомобилей наиболее существенно до значений 250 м, после чего скорость возрастает монотонно. Состояние дорожного покрытия и ровность дорог также оказывают существенное влияние на среднюю скорость движения автомобилей и расход топлива: с ухудшением ровности покрытия резко снижается средняя скорость и повышается расход топлива. Это свидетельствует о важности и необходимости проведения мероприятий по совершенствованию элементов дорог и дорожных покрытий.

Список литературы

1. Койчев В. С., Батыров В. И., Болотоков А. Л. Режимные факторы и регулировочные параметры автомобильных двигателей при эксплуатации в условиях Кабардино-Балкарской Республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 2(36). С. 91–100. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-91-100. EDN: FGJYAC
2. Карданов Х. Б., Джолабов Ю. Ш. Определение влияния температурных условий эксплуатации на показатели тракторных дизелей // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 1(27). С. 98–103. EDN: LAILAZ
3. Шекихачев Ю. А., Батыров В. И., Шекихачева Л. З., Болотоков А. Л. Экологические требования к автотранспортным средствам // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2019. № 4(26). С. 75–80. EDN: AANADS
4. Батыров В. И., Дзуганов В. Б., Апхутов Т. М. Совершенствование методики классификационной характеристики эксплуатационных условий автомобилей // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 3(37). С. 112–121. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-112-121. EDN: VOJKWC
5. Батыров В. И., Шекихачев Ю. А. Особенности протекания рабочего процесса дизеля в условиях высокогорья Кабардино-Балкарской Республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 2(28). С. 117–121. EDN: ZUJDBQ

6. Балкаров Р. А., Чеченов М. М., Сабанчиева Ф. Р. Конструктивно-технологические факторы экономии топливно-смазочных материалов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 2(28). С. 111–116. EDN: ITNEIQ
7. Тавасиев Р. М., Дзицкоев А.П. Повышение надежности и долговечности тормозных систем автомобилей в колесном гидроцилиндре // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 2(40). С. 97–103. DOI: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-97-103. EDN: LZQARB
8. Шекихачев Ю. А., Батыров В. И., Карданов К. Х. Основные пути повышения стабильности параметров топливоподачи тракторных дизелей // АгроЭкоИнфо. 2018. № 2 (32). С. 55. EDN: UTXEVN
9. Батыров В. И., Губжоков Х. Л. Совершенствование процессов смесеобразования и сгорания в дизелях // Сельский механизатор. 2017. № 6. С. 48. EDN: WEPQSZ
10. Батыров В. И., Койчев В. С., Болотоков А. Л. Влияние состояния топливной системы низкого давления на работоспособность топливных насосов распределительного типа // Научно-технический прогресс в АПК: проблемы и перспективы: сборник науч. тр. по материалам Международной научно-практической конференции, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал – 2016». Ставрополь: Изд-во «Агрус», 2016. С. 247–252. EDN: WAWRAN
11. Обнаружение и пути устранения неисправностей – резерв более глубокого познания конструкций тракторов и автомобилей / А. К. Кобозев, И. И. Швецов, В. С. Койчев, И. И. Газизов, Н. В. Бахолдин // Совершенствование научно-методической работы в университете: материалы научно-практической конференции Ставрополь: Ставропольский ГАУ, 2018. С. 278–282. EDN: VSGLEK
12. Батыров В. И., Койчев В. С., Болотоков А. Л. Зависимость параметров топливоподачи от давления в полости питания топливного насоса высокого давления // Научно-технический прогресс в АПК: проблемы и перспективы: сборник науч. тр. по материалам Международной научно-практической конференции, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал – 2016». Ставрополь: Изд-во «Агрус», 2016. С. 252–256. EDN: WBHSPV
13. Шекихачев Ю. А., Батыров В. И. Характерные неисправности топливоподкачивающих насосов в процессе эксплуатации // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 2(32). С. 102–107. EDN: BIBDQI
14. Губжоков Х. Л., Болотоков А. Л. Влияние оптимизации параметров топливоподачи на экономическую эффективность дизеля // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 3(33). С. 110–115. EDN: HSNVQS
15. Балкаров Р. А., Чеченов М. М., Сабанчиева Ф. Р. Резервы экономии топливно-смазочных материалов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2020. № 1(27). С. 80–84. EDN: LOAHPE

References

1. Koichev V.S., Batyrov V.I., Bolotokov A.L. Regime factors and adjusting parameters of automobile engines during operation in the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2022;2(36):91–100. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-2-36-91-100. EDN: FGJYAC
2. Kardanov Kh.B., Dzholabov Yu.Sh. Aggregate repair method: prospects of its applications in modern repair production. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2020;1(27):98–103. (In Russ.). EDN: LAILAZ
3. Shekikhachev Yu.A., Batyrov V.I., Shekikhacheva L.Z., Bolotokov A.L. Environmental requirements for motor vehicles. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2019;4(26):75–80. (In Russ.). EDN: AANADS
4. Batyrov V.I., Dzuganov V.B., Apkhudov T.M. Improvement of the method of classification characteristics of vehicle operating conditions. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2022;3(37):112–121. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-112-121. EDN: BOJKWC
5. Batyrov V.I., Shekikhachev Yu.A. Peculiarities of diesel engine working process in high-mountain conditions of Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2020;2(28):117–121. (In Russ.). EDN: ZUJDBQ
6. Balkarov R.A., Chechenov M.M., Sabanchieva F.R. Constructive-technological factors of economy of fuel-lubricants. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2020;2(28):111–116. (In Russ.). EDN: ITNEIQ

7. Tavasiev R.M., Dzitsoev A.P. Improving the reliability and durability of the brake systems of vehicles in the wheel hydraulic cylinder. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2023;2(40):97–103. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-97-103. EDN: LZQARB
8. Shekikhachev Yu.A., Batyrov V.I., Kardanov K.Kh. The main ways to improve the stability of fuel supply parameters of tractor diesel engines. *AgroEkoInfo*. 2018. № 2(32):55. (In Russ.). EDN: UTXEVN
9. Batyrov V.I., Gubzhokov Kh.L. Improving the processes of mixture formation and combustion in diesel engines. *Sel'skiy mekhanizator*. 2017;(6):48. (In Russ.). EDN: WEPQSZ
10. Batyrov V.I., Koychev V.S., Bolotokov A.L. Influence of the state of the low-pressure fuel system on the performance of distributor-type fuel pumps. *Nauchno-tekhnicheskii progress v APK: problemy i perspektivy: sbornik nauch. tr. po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, v ramkakh XVIII Mezhdunarodnoy agropromyshlennoy vystavki "Agrouniversal – 2016"* [Scientific and technical progress in the agro-industrial complex: problems and prospects. Collection of scientific papers based on the materials of the International scientific and practical conference, within the framework of the XVIII International agro-industrial exhibition "Agrouniversal – 2016"]. Stavropol: Izd-vo "Agrus", 2016. Pp. 247–252. (In Russ.). EDN: WAWRAN
11. Kobozev A.K., Shvetsov I.I., Koychev V.S., Gazizov I.I., Bakholdin N.V. Detection and ways of troubleshooting – a reserve for deeper knowledge of tractor and automobile designs. *Sovershenstvovaniye nauchno-metodicheskoy raboty v universitete: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Improving scientific and methodological work at the university. Proceedings of the scientific and practical conference]. Stavropol: Stavropol'skiy GAU, 2018. Pp. 278–282. (In Russ.). EDN: VSGLEK
12. Batyrov V.I., Koychev V.S., Bolotokov A.L. Dependence of fuel supply parameters on the pressure in the feed cavity of the high-pressure fuel pump. *Nauchno-tekhnicheskii progress v APK: problemy i perspektivy: sbornik nauch. tr. po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, v ramkakh XVIII Mezhdunarodnoy agropromyshlennoy vystavki "Agrouniversal – 2016"* [Scientific and technical progress in the agro-industrial complex: problems and prospects. Collection of scientific papers based on the materials of the International scientific and practical conference, within the framework of the XVIII International agro-industrial exhibition "Agrouniversal – 2016"]. Stavropol: Izd-vo "Agrus", 2016. Pp. 252–256. (In Russ.). EDN: WBHSPV
13. Shekikhachev Yu.A., Batyrov V.I. Characteristic faults of fuel supply pumps during operation. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;2(32):102–107. (In Russ.). EDN: BIBDQI
14. Gubzhokov Kh.L., Bolotokov A.L. Influence of optimization of fuel supply parameters on the economic efficiency of a diesel. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;3(33):110–115. (In Russ.). EDN: HSNVQS
15. Balkarov R.A., Chechenov M.M., Sabanchieva F.R. Fuel and lubricants economy reserves. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov* 2020;1(27):80–84. (In Russ.). EDN: LOAHPE

Сведения об авторах

Апажев Аслан Каральбиевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1530-1950, Scopus ID: 57195587959, Researcher ID: H-4436-2016

Шекихачев Юрий Ахметханович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4107-1360, Scopus ID: 57205029899, Researcher ID: AAE-3244-2019

Ашабоков Хачим Хазраилович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры агроинженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2423-1922

Шекихачева Люда Зачиевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры землеустройства и экспертизы недвижимости, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 8551-6400, Scopus ID: 57211228810, Researcher ID: AAF-8391-2019

Information about the authors

Aslan K. Apazhev – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1530-1950, Scopus ID: 57195587959, Researcher ID: H-4436-2016

Yuri A. Shekikhachev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4107-1360, Scopus ID: 57205029899, Researcher ID: AAE-3244-2019

Khachim Kh. Ashabokov – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2423-1922

Luda L. Shekikhacheva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Land Management and Real Estate Expertise, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 6853-7172, Scopus ID: 57211228810, Researcher ID: AAF-8391-2019

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 11.11.2024;
одобрена после рецензирования 29.11.2024;
принята к публикации 09.12.2024.*

*The article was submitted 11.11.2024;
approved after reviewing 29.11.2024;
accepted for publication 09.12.2024.*

Научная статья

УДК 631.3.02

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-105-112

Системный подход к решению проблемы ресурсосберегающего использования машинно-тракторных агрегатов (МТА)

Руслан Асланбиевич Балкаргов^{✉1}, Вячеслав Барасбиевич Дзуганов²

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

^{✉1}rus.balkarov.52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8946-7867>

²dzuganovv55@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4286-1733>

Аннотация. В статье рассматривается общая научная концепция комплексного решения проблемы ресурсосберегающего использования МТА с позиций системного подхода. Поставленные задачи решаются на целом ряде взаимосвязанных уровней ресурсосбережения (оптимизации) от выбора технологии возделывания сельскохозяйственных культур до частных режимов функционирования отдельных агрегатов, обеспечивающих максимальную экономию всех ресурсов, включая топливно-энергетические. Проблема в целом заключается в наиболее полном использовании потенциальных возможностей каждого агрегата с учетом условий его функционирования. Необходимо, чтобы состав каждого агрегата (энергомашина, число рабочих машин с учетом вместимости технологических емкостей) и режимы его работы (рабочий и холостой ходы, разгон и торможение) были оптимальными и обеспечивали минимальный расход всех используемых ресурсов. Такое комплексное решение проблемы повышения эффективности использования МТА возможно лишь на базе многоуровневого системного подхода, как при создании агрегатов, так и при их производственной эксплуатации. Задачи ресурсосбережения на каждом уровне формулируются таким образом, чтобы выходные результаты предшествующих уровней служили входной информацией нижних уровней иерархической лестницы. При этом происходит сложение эффектов ресурсосбережения всех уровней. Наибольший эффект будет получен при реализации всех взаимосвязанных уровней оптимизации. Однако с учетом различных производственных ситуаций можно решать частные задачи ресурсосбережения на ограниченном числе уровней. С учетом агротехнических и других ограничений предусмотрена также возможность корректировки на любом нижнем уровне результатов оптимизации, полученных на верхних уровнях. Практическое применение предлагаемого комплексного подхода позволяет повысить показатели ресурсосбережения сельскохозяйственных агрегатов, как на стадии разработки, так и в производственной эксплуатации.

Ключевые слова: системный подход, ресурсосбережение (оптимизация), критерия оптимальности, эффективность использования МТА, типы агрегатов

Для цитирования. Балкаргов Р. А., Дзуганов В. Б. Системный подход к решению проблемы ресурсосберегающего использования машинно-тракторных агрегатов (МТА) // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 105–112.

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-105-112

Original article

Systemic Approach to Solving the Problem of Resource-saving Use of Machine and Tractor Unit (MTU)

Ruslan A. Balkarov^{✉1}, Vyacheslav B. Dzukanov²

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

^{✉1}rus.balkarov.52@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8946-7867>

²dzuganovv55@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4286-1733>

Abstract. The article considers the general scientific concept of a comprehensive solution to the problem of resource-saving use of MTU from the standpoint of a systems approach. The tasks set are solved at a number of interconnected levels of resource saving (optimization) from the choice of crop cultivation technology to private modes of operation of individual units that ensure maximum savings of all resources, including fuel and energy. The problem as a whole is the most complete use of the potential of each unit, taking into account the conditions of its operation. It is necessary that the composition of each unit (power machine, number of working machines taking into account the capacity of process tanks) and its operating modes, working and idle runs, acceleration and braking were optimal and ensured the minimum consumption of all used resources. Such a comprehensive solution to the problem of increasing the efficiency of MTU use is possible only on the basis of a multi-level systems approach, both in the creation of units and in their industrial operation. Resource-saving tasks at each level are formulated in such a way that the output results of the preceding levels serve as input information for the lower levels of the hierarchical ladder. In this case, the resource-saving effects of all levels are added up. The greatest effect will be obtained by implementing all interconnected optimization levels. However, given various production situations, it is possible to solve specific resource-saving tasks at a limited number of levels. Given agrotechnical and other limitations, it is also possible to adjust the optimization results obtained at the upper levels at any lower level. The practical application of the proposed integrated approach allows for increasing the resource-saving indicators of agricultural units, both at the development stage and in production operation.

Keywords: system approach, resource saving (optimization), optimality criteria, efficiency of MTU use, types of units

For citation. Balkarov R.A., Dzuganov V.B. Systemic Approach to Solving the Problem of Resource-saving Use of Machine and Tractor Unit (MTU). *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):105–112. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-105-112

Введение. Проблема в целом заключается в наиболее полном использовании потенциальных возможностей каждого агрегата с учетом условий его функционирования. Необходимо, чтобы состав каждого агрегата (энергомашин, число рабочих машин с учетом вместимости технологических емкостей) и режимы его работы (рабочий и холостой ходы, разгон и торможение) были оптимальными и обеспечивали минимальный расход всех используемых ресурсов [1].

Такое комплексное решение проблемы повышения эффективности использования МТА возможно лишь на базе многоуровневого системного подхода, как при создании агрегатов, так и при их производственной эксплуатации [2].

Значительная часть различных видов ресурсов (материальных, финансовых, трудовых, топливно-энергетических и др.), используемых в сельском хозяйстве, расходуется при работе МТА. В связи с этим разработка общих концепций ресурсосберегающего использования МТА имеет актуальное значение.

Задачи ресурсосбережения на каждом уровне формулируются таким образом, чтобы

выходные результаты предшествующих уровней служили входной информацией нижних уровней иерархической лестницы (схема передачи информации показана стрелками между уровнями). При этом происходит сложение эффектов ресурсосбережения всех уровней. Наибольший эффект будет получен при реализации всех взаимосвязанных уровней оптимизации. Однако с учетом различных производственных ситуаций можно решать частные задачи ресурсосбережения на ограниченном числе уровней. С учетом агротехнических и других ограничений предусмотрена также возможность корректировки на любом нижнем уровне результатов оптимизации, полученных на верхних уровнях.

Цель исследования – повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов на базе многоуровневого системного подхода по взаимосвязанным критериям ресурсосбережения.

Материалы, методы и объекты исследования. Работа проводилась с использованием методов исследования операций, поиска экстремума, теории вероятностей, динамики машинных агрегатов, включая МТА.

Объекты исследования – основные типы машинно-тракторных агрегатов для основной и предпосевной обработки почвы, посева и уборки зерновых культур.

Результаты исследования. *Первый уровень* соответствует выбору ресурсоэкономных технологий возделывания основных сельскохозяйственных культур с учетом зональных условий (для краткости исследование проводится на примере одной культуры). На данном этапе оптимизации при неизвестных составах агрегатов могут быть выбраны лишь ресурсосберегающие принципы воздействия на обрабатываемые материалы.

Возможным для реализации критерием ресурсосбережения при этом будет минимум суммы удельных (в расчете на единицу планируемого урожая) технологических энергозатрат по возделыванию данной культуры:

$$\sum_{i=1}^{n_0} E_{Ti} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где:

E_{Ti} – удельные технологические энергозатраты на i -й операции, Дж/кг;

n_0 – число операций по данному варианту технологии.

Максимум урожайности u как критерий оптимальности не всегда отвечает требованиям ресурсосбережения, и поэтому рассматривается в качестве вспомогательного.

Удельные технологические энергозатраты для тягово-приводных агрегатов при ширине захвата B_i и рабочей скорости $v_i = S_{pi} / t_{pi}$ (S_{pi} – рабочий ход; t_{pi} – время) определяют так:

$$E_{Ti} = \frac{B_i k_{Mi} S_{pi}}{B_i S_{pi} u} + a_{Ni} \frac{B_i v_i u t_{pi}}{B_i S_{pi} u} = \frac{1}{u} (k_{Mi} + a_{Ni} u t_{pi}), \quad (2)$$

где:

k_{mi} – удельное тяговое сопротивление рабочих органов, Н/м;

u – планируемая урожайность данной культуры, кг/м²;

a_{Ni} – удельная мощность на ВОМ, Вт/(кг/с);

u_T – норма сбора (распределения) соответствующего технологического материала, кг/м².

После выбора энергосберегающей технологии по критерию (1) на следующих ниж-

них уровнях решаются задачи экономии ресурсов по каждой отдельной операции путем оптимизации состава и основных режимов работы соответствующих агрегатов.

Второй уровень предусматривает обоснование по экономическим критериям обобщенного параметра для каждого отдельного агрегата, выполняющего соответствующую технологическую операцию. В зависимости от зональных условий в качестве экономического критерия может быть выбран минимум приведенных затрат, прямых эксплуатационных, интегральных, трудовых и других затрат в расчете на единицу урожая или объема работы.

Выбранный критерий ресурсосбережения в общем случае примет вид:

$$C_{oi} \rightarrow \min \quad (3)$$

Установлено, что затраты C_{oi} для любого типа агрегата являются функцией одного обобщенного параметра, представляющего собой требуемую мощность N_{ni} для реализации данного технологического процесса [1–4]. Затраты (3) в связи с этим целесообразно представить как функцию мощности:

$$C_{oi} = f_{ci}(N_{ni}) \rightarrow \min. \quad (4)$$

При необходимости критерий (4) может быть выражен также в функции соответствующей пропускной способности (проектной производительности) Π_{ni} (кг/с или м²/с и т. д.), т. е.

$$C_{oi} = f'_{ci}(\Pi_{ni}) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Соотношение между равноценными обобщенными параметрами N_{ni} и Π_{ni} устанавливается из баланса мощности:

$$N_{ni} = p_{Ni} \Pi_{ni}, \quad (6)$$

где:

p_{Ni} – удельная мощность, Вт/(кг/с) или Вт/(м²/с).

Входящая в состав C_{oi} эксплуатационная производительность агрегата также является функцией обобщенного параметра N_{ni} или Π_{ni} , т. е.

$$W_i = f_{\omega i}(N_{ni}), \quad W_i = f'_{\omega i}(\Pi_{ni}), \quad (7)$$

Максимум производительности агрегата W_i как критерий оптимальности не отвечает требованиям ресурсосбережения, поскольку при этом затраты C_{oi} слишком велики. По-

этому W_i рассматривается в качестве вспомогательного. Более эффективным с практической точки зрения может оказаться компромиссное решение выражений (4)–(7), когда за счет небольшой уступки по затратам можно получить существенный прирост производительности [3].

Третий уровень предусматривает обоснование ресурсосберегающего типоразмерного ряда мощностей энергомашин $N_{н1\ opt}, N_{н2\ opt}, \dots, N_{нr\ opt}$ на этапе их разработки. Для зерноуборочных комбайнов может определяться типоразмерный ряд пропускных способностей. Комплексным критерием ресурсосбережения при этом может служить минимум суммы всех затрат, связанных с разработкой, испытаниями, постановкой на производство и эксплуатацией всех типоразмеров энергомашин:

$$C_{\Sigma oi} \rightarrow \min. \quad (8)$$

Ввиду большой сложности общего решения задачи практические расчеты чаще сводятся к обоснованию оптимальных мощностей энергомашин для отдельных групп операций по минимуму суммы каких-либо затрат, т. е. $C_{\Sigma i} \rightarrow \min$.

Последующие уровни ресурсосбережения связаны с конкретизацией состава и режимов работы каждого агрегата на базе выбранной мощности N_{ni} энергомашины по соответствующим частным критериям оптимальности.

Четвертый уровень предусматривает обоснование энерго-сберегающего режима рабочего хода агрегата. Основным критерий при этом соответствует минимуму удельных энергозатрат при рабочем ходе агрегата (Дж/м или Дж/кг):

$$E_{ni} \rightarrow \min. \quad (9)$$

Для мобильных агрегатов E_{ni} соответствует минимуму расхода топлива на единицу выполненной работы при рабочем ходе (кг/м², кг/кг) и выражается в функции ширины захвата B_i и рабочей скорости v_i с учетом допустимой степени ε_{Ni} использования мощности N_{ni} в заданных условиях, т. е.

$$E_{ni} = N_{ni} \varepsilon_{Ni} / (B_i v_i) \rightarrow \min, \quad (10)$$

где:

$$B_i = f_i(N_{ni}, m_{\varepsilon i}, v_i);$$

$m_{\varepsilon i}$ – масса энергомашины.

В качестве вспомогательного критерия ресурсосбережения на данном уровне целе-

сообразно использовать также минимум удельного материалоперемещения (кг·м/м²) при рабочем ходе МТА на пути S_{pi} :

$$\begin{aligned} p_{ni} &= \left[\frac{S_{pi}}{B_i v_i} \right] (m_{\varepsilon i} + m_{Ci} + m_{M\Sigma i}) = \\ &= \left(\frac{1}{B_i} \right) (m_{\varepsilon i} + m_{Ci} + m_{M\Sigma i}) \rightarrow \min, \end{aligned} \quad (11)$$

где:

$m_{Ci}, m_{M\Sigma i}$ – масса i -й сцепки и i -х рабочих машин, кг.

Критерий (11) в обобщенном виде учитывает уплотняющее воздействие МТА на почву, а также материалоемкость операции. На основании выражений (10) и (11) в общем случае можно обосновать оптимальные значения $m_{\varepsilon i\ opt}, \varepsilon_{i\ opt} = N_{ni} / m_{\varepsilon i\ opt}$, а также $B_{i\ opt}, v_{i\ opt}$ с учетом влияния скорости на силы сопротивления и нелинейного характера изменения m_{Ci} и $m_{M\Sigma i}$ в функции B_i . Для транспортных агрегатов в уравнениях (9)–(11) вместо B_i и $m_{M\Sigma i}$ следует подставлять массу перевозимого груза Q_{ri} и массу прицепов; для транспортно-технологических агрегатов в этих уравнениях следует учитывать взаимосвязанные значения B_i и Q_{ri} [3]; для стационарных агрегатов в выражение (10) вместо $B_i v_i$ следует подставлять секундную подачу обрабатываемого материала в функции соответствующих параметров рабочих органов.

Пятый уровень связан с оптимизацией вместимости технологических емкостей мобильных агрегатов по минимуму удельных энергозатрат (Дж/м²) за время $T_{ци}$ полного технологического цикла на пути L_{Ti} :

$$E_{ци} = \frac{N_{ni} \varepsilon_{Nци} T_{ци}}{B_i L_{Ti}} \rightarrow \min, \quad (12)$$

где:

$\varepsilon_{Nци}$ – средневзвешенное значение степени использования мощности.

Более удобным критерием является максимум цикловой производительности (м²/с):

$$W_{ци} = B_i L_{Ti} / T_{ци} \rightarrow \max.$$

Выразив $B_i, L_{Ti}, T_{ци}$ в функции удельной вместимости технологической емкости q_i в расчете на 1 м ширины захвата (м³/м), определим соответствующее оптимальное значение $q_{i\ opt}$, а также полную вместимость $Q_{i\ opt} = B_i q_{i\ opt}$. Если на агрегате расположено несколько емкостей (для семян, удобре-

ний), то $q_{i\ opt}$ и $Q_{i\ opt}$ относятся к емкости, условно принятой за основную, а вместимости других рассчитываются через пропорциональные соотношения между нормами сбора (распределения) технологических материалов [3].

Шестой уровень предусматривает оптимизацию режима холостого хода мобильных агрегатов по минимуму расхода топлива (кг/га):

$$\theta_{xi} \rightarrow \min. \quad (13)$$

Под θ_{xi} подразумевается также расход топлива при остановке агрегата с работающим двигателем. В качестве вспомогательного критерия можно принять минимум соответствующих потерь времени смены T_{xi} . Для уборочных агрегатов возможна минимизация потерь урожая или его фракций на прокосах [4, 5]. Минимум холостого пути S_{xi} не учитывает указанных выше особенностей и в меньшей мере отвечает требованиям ресурсосбережения.

Последующие уровни оптимизации связаны с улучшением показателей ресурсосбережения агрегатов с учетом их динамических свойств.

Седьмой уровень связан с оптимизацией режимов разгона агрегата из состояния покоя до скорости $v_{i\ opt}$. Для агрегата, составленного на базе энергомашины с фрикционной муфтой сцепления, в начальный период разгона критерий ресурсосбережения соответствует минимуму работы сил трения за время t_m буксования муфты сцепления [4]:

$$E_{pi} = \int_0^{t_m} M_{Ti}(\omega_i + \omega_{Bi})dt \rightarrow \min, \quad (14)$$

где:

ω_i, ω_{Bi} – частота вращения ведущего и ведомого валов, c^{-1} .

Основным результатом оптимизации будут законы изменения момента сил трения $M_{Ti\ opt(t)}$ и передаточного числа трансмиссии $i_{T\ opt(t)}$. На участке разгона при $t \times t_m$ оптимизируется закон изменения передаточного отношения трансмиссии по минимуму соответствующего расхода топлива G_{pi} .

В качестве вспомогательного критерия может быть использован минимум времени разгона. Задачи рассматриваемого типа успешно решаются на основе принципа максимума [6, 7].

Восьмой уровень предусматривает оптимизацию режима загрузки двигателя при ра-

бочем ходе агрегата с учетом его динамических свойств и изменчивости внешних факторов. Основным критерий ресурсосбережения на этом уровне – минимум удельного расхода топлива на единицу выполненной работы (кг/м², кг/кг):

$$\theta_{di} \rightarrow \min. \quad (15)$$

Наибольший эффект ресурсосбережения достигается при автоматическом регулировании скоростного $v_{i\ opt(t)}$ и $P_{ni\ opt(t)}$ нагрузочного режимов работы агрегата. В качестве вспомогательного критерия может быть выбран максимум производительности при рабочем ходе агрегата (м²/с, кг/с) W_{di} , что соответствует максимальному быстрдействию агрегата как динамической системы. Основными выходными результатами оптимизации являются $P_{ni\ opt(t)}$, $v_{i\ opt(t)}$, $\varepsilon_{Ni\ opt(t)}$. Кроме того, могут быть оптимизированы приведенные массы и моменты инерции, а также другие динамические параметры агрегата и отдельных звеньев [8, 9].

Девятый уровень связан с оптимизацией режима торможения агрегатов по минимуму работы тормозной силы P_{Ti} за время t_T торможения:

$$\Sigma E_{pi} = \int_0^{t_T} P_{Ti}v_i dt \rightarrow \min. \quad (16)$$

Вспомогательными критериями могут быть $t_T \rightarrow \min$ и минимум тормозного пути с учетом соответствующих ограничений. На выходе получаем оптимальные законы управления тормозной силой $P_{Ti\ opt(t)}$ и скоростью $v_{Ti\ opt(t)}$ [4].

Сопряженные задачи данного уровня связаны с устойчивостью и управляемостью в период t_T , автоматизацией режима торможения, уточнением ранее полученных результатов, улучшением условий безопасности и др.

Десятый уровень заключается в оптимизации динамического режима поворота агрегатов по минимуму расхода топлива за время $t_{\pi i}$:

$$\theta_{\pi i} \rightarrow \min. \quad (17)$$

Вспомогательные критерии соответствуют минимуму времени $t_{\pi i}$ и пути $l_{\pi i}$ поворота с учетом ограничений. Результаты решения соответствуют оптимальному управлению

рулевым механизмом $V_{pi\ opt(t)}$ и оптимальной траекторией $S_{ai\ opt(t)}$ центра агрегата.

Одиннадцатый уровень предусматривает определение основных показателей работы составленных выше ресурсосберегающих агрегатов с учетом условий работы Φ_{ω_i} , Φ_{c_i} , Φ_{θ_i} производительности $W_{c_i} = f_i(\Phi_{\omega_i})$; соответствующих затрат $C_{0\Sigma i\ min} = f_i''(\Phi_{\theta_i})$; расхода топлива (энергии) на всех режимах работы $\theta_{\Sigma i\ min} = f_i''(\Phi_{\theta_i})$ и др.

Двенадцатый уровень предусматривает оптимизацию количественных соотношений между разнотипными агрегатами в составе технологических комплексов при выполнении сложных сельскохозяйственных работ (уборочных). Основным критерием ресурсосбережения при этом целесообразно выбрать минимум суммы потерь от простоев всех участвующих в процессе агрегатов из-за взаимного ожидания при техническом обслуживании (ТО) (руб.):

$$C_{np\Sigma i} \rightarrow \min. \quad (18)$$

Возможным вспомогательным критерием является минимум потерь времени T_{npi} из-за ожидания всеми агрегатами или какой-то основной группы. На выходе получим оптимальное число $n_{ai\ opt}$ агрегатов каждого типа.

Последующие задачи ресурсосбережения связаны с оптимизацией состава МТА и системы его ТО, которые имеют самостоятельное значение и в данном случае могут быть намечены только схематически для комплексности подхода,

Тринадцатый уровень включает в обобщенной форме оптимизацию состава МТП по минимуму каких-либо затрат, например, приведенных для выполнения всего комплекса работ:

$$C_{n\Sigma} \rightarrow \min. \quad (19)$$

Возможным вспомогательным критерием является минимум энергомашин каждого типа n_z , выбранных на верхних уровнях. На выходе получим оптимальное число энергомашин каждого типа $n_{z1\ opt}$, $n_{z2\ opt}$, ..., $n_{zm\ opt}$ с соответствующим шлейфом сельскохозяйственных машин.

Выводы. 1. Предложен многоуровневый системный подход к оптимизации состава и режимов работы машинно-тракторных агрегатов, при котором обеспечивается комплексное решение проблемы минимизации расхода всех основных видов ресурсов, необходимых для их эффективного функционирования.

2. На базе такого подхода для всех основных типов агрегатов (полевых, тракторных, транспортных, транспортно-технологических) на пяти взаимосвязанных по соответствующим критериям ресурсосбережения получены общие методы оптимизации: обобщенного параметра; состава и скоростного режима; вместимости технологических ёмкостей; режимов разгона и торможения; показателей холостого хода.

3. Установлено, что все типы агрегатов на первом этапе их выбора по экономическим критериям (в целом без конкретизации состава и скоростного режима) характеризуются одним обобщенным параметром, представляющим собой секундную чистую производительность (м/с, кг/с, кг·м/с) или потребную для её реализации пропускную способность, или соответствующую мощность. При этом оптимальное значение обобщенного параметра по всем экономическим критериям (минимум приведенных затрат, минимум прямых эксплуатационных затрат, минимум трудозатрат, минимум металлоёмкости) определяется аналитическим решением по одной общей формуле.

4. Предложено также обобщенное решение для получения компромиссного обобщенного параметра, обеспечивающего желаемое сочетание высокой производительности и соответствующих затрат. При прочих равных условиях оптимальные и компромиссные значения обобщенного параметра увеличиваются с возрастанием длины гона.

5. Разработан общий метод оптимизации обобщенного параметра по экономическим критериям для взаимосвязанных агрегатов, входящих в состав технологических комплексов. Выявлено, что при поточной работе различных агрегатов обобщенным параметром всей технологической линии служит её производительность, по оптимальному значению которой определяются частные обобщенные

параметры для отдельных агрегатов в виде мощности или пропускной способности.

6. Оптимальную рабочую скорость и состав агрегата, комплектуемого на базе выбранной энергомашины, предложено опре-

делять по минимуму удельных энергозатрат ($\text{Дж}/\text{м}^2$, $\text{Дж}/\text{кг}\cdot\text{м}$) при рабочем ходе МТА с учетом влияния скорости на тяговое сопротивление рабочих машин.

Список литературы

1. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А. Оптимизация функционирования сельскохозяйственных производственных систем // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 1(35). С. 81–89. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-81-89. EDN: AMXFOK
2. Батыров В. И., Дзуганов В. Б., Апхудов Т. М. Совершенствование методики классификационной характеристики эксплуатационных условий автомобилей // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2022. № 3(37). С. 112–121. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-112-121. EDN: BOJKWC
3. Зангиев А. А. Оперативное обоснование зональных рекомендаций по эффективному использованию МТА // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1980. № 11. С. 10–14.
4. Зангиев А. А. Выбор оптимальных масс и скоростей МТА с учетом уплотняющего воздействия на почву // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1999. № 5. С. 11–13.
5. Зангиев А. А. Повышение производительности зерноуборочных комбайнов // Техника в сельском хозяйстве. 2003. № 5. С. 13–17.
6. Зангиев А. А. Оптимизация массы и скорости машинно-тракторных агрегатов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1998. № 5. С. 8–10.
7. Математическая теория оптимальных процессов / Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко. Москва: Физматгиз, 1961. 391 с.
8. Лурье А. Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. Москва: Колос, 1981. 382 с.
9. Вентцель Е. С. Исследование операций. Москва: Советское радио, 1972. 552 с.

References

1. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A. Optimization of the functioning of agricultural production systems. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2022;1(35):81–89. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-81-89. EDN: AMXFOK
2. Batyrov V.I., Dzukanov V.B., Apkhudov T.M. Improvement of the methodology for the classification characteristics of the operating conditions of vehicles. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2022;3(37):112–121. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-3-37-112-121. EDN: BOJKWC
3. Zangiev A.A. Operational justification of zonal recommendations for the efficient use of MTA. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva.* 1980;(11):10–14. (In Russ.)
4. Zangiev A.A. Selection of optimal masses and speeds of MTA taking into account the compaction effect on the soil. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva.* 1999;(5):11–13. (In Russ.)
5. Zangiev A.A. Increasing the productivity of grain harvesting combines. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve.* 2003;(5):13–17. (In Russ.)
6. Zangiev A.A. Optimization of mass and speed of machine-tractor units. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva.* 1998;(5):8–10. (In Russ.)
7. Pontryagin L.S., Boltyanskij V.G., Gamkrelidze R.V., Mishchenko E.F. *Matematicheskaya teoriya optimal'nykh protsessov* [Mathematical theory of optimal processes]. Moscow: Fizmatgiz, 1961. 391 p. (In Russ.)
8. Lurye A.B. *Statisticheskaya dinamika sel'skokhozyaystvennykh agregatov* [Statistical dynamics of agricultural units]. Moscow: Kolos, 1981. 382 p. (In Russ.)
9. Ventzel E.S. *Issledovaniye operatsiy* [Operations Research]. Moscow: Sovetskoye radio, 1972. 552 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Балкаров Руслан Асланбиевич – доктор технических наук, профессор кафедры агроинженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1074-2232, Scopus ID: 6505576211, Researcher ID: AAB-3748-2020

Дзуганов Вячеслав Барасбиевич – доктор технических наук, профессор кафедры агроинженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 3358-4604, Scopus ID: 57219486929

Information about the authors

Ruslan A. Balkarov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1074-2232, Scopus ID: 6505576211, Researcher ID: AAB-3748-2020

Vyacheslav B. Dzukanov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Agricultural Engineering, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3358-4604, Scopus ID: 57219486929

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 19.11.2024;
одобрена после рецензирования 05.12.2024;
принята к публикации 12.12.2024.*

*The article was submitted 19.11.2024;
approved after reviewing 05.12.2024;
accepted for publication 12.12.2024.*

Научная статья

УДК 620.22

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-113-119

Количественное описание модуля упругости полимерных композитов конструкционного назначения

Заира Муссавна Жирикова^{✉1}, Владимир Закиевич Алоев²,
Кантемир Владимирович Алоев³

^{1,2}Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

³Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, улица Миклухо-Маклая, 6,
Москва, Россия, 117198

^{✉1}zaira.dumaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5268-5545>

²aloev56@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5080-4133>

³kantemir.aloev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-0765-9790>

Аннотация. Интенсивное развитие современного сельскохозяйственного машиностроения требует разработки новых композиционных материалов на основе полимеров, обладающих высокими значениями эксплуатационных свойств. Улучшение эксплуатационных характеристик обеспечивается введением в полимерную матрицу упрочняющих добавок. Перспективными материалами для этих целей являются углеродные волокна. Введение углеродных волокон в полимер способствует созданию высокомолекулярного полимерного материала. В качестве матричного полимера использован фенилон, получаемый на основе ароматических полиамидов. Преимущество фенилона заключается в том, что материалы на его основе сочетают высокую тепло- и термостойкость с морозостойкостью, жесткость и прочность с хорошими антифрикционными свойствами, что обеспечивает возможность их широкого применения в сельскохозяйственном машиностроении. Исследованы механические свойства углепластиков на основе фенилона, наполненного углеродным волокном. В рамках фрактального анализа получены корреляционные зависимости между модулем упругости исследованных углепластиков и фрактальной размерностью областей локализации избыточной энергии, которая «закачивается» в полимерную матрицу. Показана возможность существенной вариации модуля упругости при постоянном содержании наполнителя за счет структурных изменений. Увеличение «закачиваемой» в полимерную матрицу энергии или степени ее «возмущения», характеризуемое повышением размерности областей локализации избыточной энергии, приводит к росту упругости, а усиление обратной связи в структуре углепластиков, означающее «перекачку» полимерного материала из одной плотноупакованной компоненты в другую, определяет снижение его величины.

Ключевые слова: углепластик, углеродное волокно, модуль упругости, наполнитель, фрактальная размерность, коэффициент Пуассона

Для цитирования. Жирикова З. М., Алоев В. З., Алоев К. В. Количественное описание модуля упругости полимерных композитов конструкционного назначения // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 113–119.
doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-113-119

Original article

Quantitative Description of the Modulus of Elasticity of Polymer Composites for Structural Purposes

Zaira M. Zhirikova^{✉1}, Vladimir Z. Aloeov², Kantemir V. Aloeov³

^{1,2}Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030

³Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, 6 Miklukho-Maklay Street, Moscow,
Russia, 117198

^{✉1}zaira.dumaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5268-5545>

²aloev56@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5080-4133>

³kantemir.aloev@mail.ru

Abstract. The intensive development of modern agricultural engineering requires the development of new composite materials based on polymers with high performance properties. Improved performance is provided by the introduction of strengthening additives into the polymer matrix. Carbon fibers are promising materials for these purposes. The introduction of carbon fibers into the polymer contributes to the creation of a high-molecular polymer material. Phenylene, obtained on the basis of aromatic polyamides, was used as a matrix polymer. The advantage of phenylene is that materials based on it combine high heat and heat resistance with frost resistance, rigidity and strength with good antifriction properties, which makes it possible for them to be widely used in agricultural engineering. The mechanical properties of carbon fiber reinforced plastics based on phenylene filled with carbon fiber have been studied. In the framework of fractal analysis, correlations were obtained between the modulus of elasticity of the studied carbon fiber plastics and the fractal dimension of the localization regions of excess energy, which is "pumped" into the polymer matrix. The possibility of a significant variation in the modulus of elasticity with a constant filler content due to structural changes is shown. An increase in the energy "pumped" into the polymer matrix or the degree of its "perturbation", characterized by an increase in the dimension of the areas of localization of excess energy, leads to an increase in elasticity, and an increase in feedback in the structure of carbon fiber plastics, meaning "pumping" of the polymer material from one packed component to another, determines a decrease in its magnitude.

Keywords: carbon fiber, carbon fiber, modulus of elasticity, filler, fractal dimension, Poisson's ratio

For citation. Zhirikova Z.M., Alov V.Z., Alov K.V. Quantitative Description of the Modulus of Elasticity of Polymer Composites for Structural Purposes. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):113–119. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-113-119

Введение. В настоящее время наиболее перспективным для использования в качестве конструкционных материалов сельскохозяйственного назначения являются полимерные композитные материалы на основе высокопрочных углеродных волокнистых наполнителей с полимерной матрицей.

Улучшение эксплуатационных характеристик полимерных материалов обеспечивается введением в полимерную матрицу упрочняющих добавок. Перспективными материалами для этих целей являются углеродные волокна. Введение наполнителя в полимер определяется соображениями создания высокомодульного полимерного материала [1].

Стремление к совершенствованию существующих изделий машиностроения открывает широкие возможности для реализации перспективных конструктивных решений, технологических процессов и разработки эффективных методов прогнозирования свойств.

В этой связи, разработка новых прогнозистических моделей, основанных на современных физических концепциях (кластерная модель аморфного состояния полимеров, фрактальный анализ, модели необратимой агрегации, синергетика деформируемого тела), позволит с высокой степенью точности установить количественное описание экс-

плуатационных характеристик (в частности модуля упругости) как функции характеристик полимерной матрицы и наполнителя и прогнозировать свойства вновь создаваемых материалов и изделий из них.

Эффективные модули (динамический модуль упругости, жёсткость), несомненно, являются наиболее важными эксплуатационными характеристиками полимерных композитов. Математическое описание этих показателей является основой расчёта напряжений, которое в конечном итоге обосновывает применение инженерных материалов в отечественных изделиях и конструкциях.

Целью настоящей работы является установление количественной взаимосвязи модуля упругости как функции характеристик полимерной матрицы и наполнителя.

Материалы, методы и объекты исследования. В качестве матричного полимера использован ароматический полиамид-фенилон С-2 (ТУ 6-05-226-72), имеющий температуру стеклования 553 К, в виде мелкодисперсного порошка с насыпной плотностью 330 кг/м³ [2].

В качестве наполнителя использовали высокомодульное углеродное волокно (УВ) марки «Урал 15», имеющее диаметр 7-9 мкм, длину 3 мм, плотность 1320 кг/м³. Массовое

содержание УВ в исследуемых образцах составляло 15%, что соответствует объемному наполнению $\varphi_n \approx 0,115$.

Композит готовили «сухим» способом, включающим смещение композитов во вращающемся электромагнитном поле. Для этого в реактор загружали порошкообразный полимер, УВ и неравновесные ферромагнитные частицы длиной 40 мкм. Далее реактор помещали в расточку генератора электромагнитного аппарата. Под воздействием вращающегося электромагнитного поля ферромагнитные частицы начинают вращаться, сталкиваясь между собой, в результате чего УВ равномерно (хаотически) распределяются в полимерной матрице. В результате соударений частицы истираются, и продукты износа попадают в композицию. Для удаления ферромагнитных частиц после смешивания использовали два метода: магнитную и механическую сепарацию [3].

Механические испытания на сжатие выполнены согласно ГОСТ 4651-81 на разрывной машине FP-100 при температуре 293 К и скорости деформации $\sim 10^{-3} \text{ с}^{-1}$. В этих испытаниях использованы образцы диаметром $10 \pm 0,5$ мм и высотой $15 \pm 0,5$ мм. Для определения модуля упругости при сжатии по диаграмме нагрузка-смещение определяли значения нагрузки, соответствующие величинам относительной деформации 0,1 и 0,3% согласно ГОСТ 9550-81. За результаты испытаний принимали среднее арифметическое пяти параллельных измерений.

Результаты исследования. Известно большое количество моделей, основанных на современных физических концепциях (фрактальный анализ, теория перколяции, теория необратимой агрегации и локального порядка, синергетика твердого тела), позволяющих с высокой точностью количественное описание эксплуатационных механических свойств как функции характеристик полимерной матрицы и наполнителя. Однако все эти модели разработаны для конкретных систем полимер-наполнитель [4] и поэтому не в состоянии установить общие закономерности структуры наполненных полимерных композитов: описать структуру межфазных границ полимер-наполнитель, распределение, размер и форму частиц наполнителя. Эффективным способом решения этой проблемы является использование современных физических концепций [5, 6]. Так, в рамках

фрактального анализа показано, что величина модуля упругости E_k полимерных композитов линейно увеличивается по мере повышения размерности областей локализации избыточной энергии D_f , которая «закачивается» в полимерную матрицу, что аналитически выражается формулой:

$$E_k = C(D_f - 3), \quad (1)$$

где:

C – константа, равная $\sim 0,67$.

В рамках такого подхода постулируется, что величина E_k определяется только структурой полимерной матрицы, а роль наполнителя сводится к видоизменению («возмущению») этой структуры и ее последующей фиксации. В работе [7] выполнена проверка этого постулата и получено количественное описание модуля упругости для углепластиков на основе фенилона.

На рисунке 1 приведена зависимость модуля упругости E_k от корня квадратного из D_f , определенной согласно уравнению [8]:

$$D_f = \frac{2(1-\nu)}{1-2\nu}, \quad (2)$$

где:

ν – коэффициент Пуассона, оцениваемый из уравнения [9]:

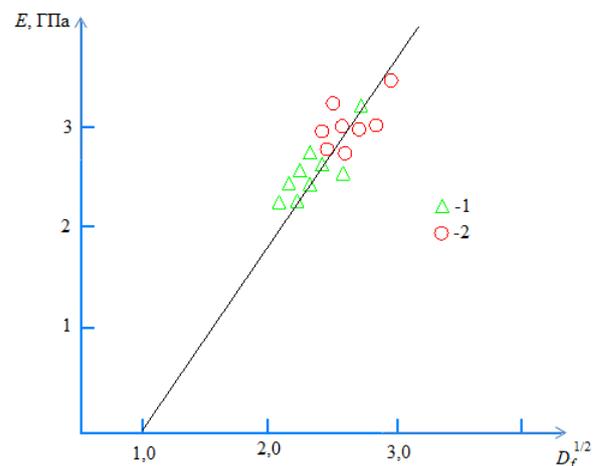


Рисунок 1. Зависимость модуля упругости E_k от размерности областей локализации избыточной энергии D_f для углепластиков на основе фенилона, полученных с применением магнитной (1) и механической сепараций (2)

Figure 1. Dependence of the modulus of elasticity E_k on the dimensionality of the regions of localization of excess energy D_f for phenylon-based carbon fiber based materials obtained using magnetic (1) and mechanical separations (2)

$$\frac{\sigma_m}{E} = \frac{1 - 2\nu}{6(1 + \nu)}, \quad (3)$$

где:

σ_m – предел текучести;

E – модуль упругости.

Как можно видеть, в этом случае действительно получена хорошая линейная корреляция, аналитически выражаемая формулой:

$$E_k = 3,70(D_f^{1/2} - 1) \quad (4)$$

Фрактальный анализ позволяет оценить предельное значение модуля упругости E_k для исследуемых углепластиков, используя предельные значения фрактальной размерности. Максимальная величина коэффициента Пуассона ν для реальных твердых тел равна 0,475 [8], из уравнения (2) получим максимальную величину $D_f=21$, а из уравнения (4) предельное максимальное значение $E_k=13,3$ ГПа. Следует отметить, что хотя для углепластиков зависимость E_k от D_f выражена слабее, чем для дисперсно-наполненных композитов (сравнение уравнений (1) и (4)), но различие постоянных коэффициентов в этих уравнениях приводит к более высокому максимальному значению E_k по сравнению с дисперсно-наполненными компонентами ($E_k=13,3$ и 12,1 ГПа, соответственно. Для $\nu=0$ $D_f=2,0$ и минимальная величина $E_k=1,53$ ГПа для углепластиков, что примерно равно модулю упругости матричного полимера. И, наконец, для сильно пористых композитов $\nu=-1,0$ $D_f=1,33$ и $E=1,23$ ГПа.

Следует отметить, что для дисперсно-наполненных композитов нижнее предельное значение $D_f=3$ или $\nu=-0,25$. Этот результат является условием достижения полной хрупкости материала [8], при условии $E_k=0$ согласно уравнению (1). Характерно, что для углепластиков условие $D_f=1$ и, следовательно, $E_k=0$, недостижимо, что следует из уравнения (2). Подобное различие предельных характеристик, т.е. D_f и E_k , для полимерных композитов, наполненных дисперсными частицами и короткими волокнами, требует детального изучения.

Как известно [9], структура углепластиков включает две плотноупакованные компоненты: области локального порядка (кластеры) в объемной полимерной матрице и межфазные области с относительными долями $\varphi_{кл}$ и $\varphi_{мф}$, соответственно. Кроме того, эта структура является синергетической системой, обла-

дающей обратной связью, [10] в силу чего между параметрами $\varphi_{кл}$ и $\varphi_{мф}$ существует взаимосвязь, выражаемая аналитическим соотношением:

$$\varphi_{кл} = 0,74 - \varphi_{мф} \quad (5)$$

Поскольку это соотношение показывает, что физический смысл обратной связи для структуры углепластиков заключается в «перекачке» полимерного материала из одной плотноупакованной структурной компоненты в другую, то следует предположить, что максимально возможное равновесие структуры реализуется при доминировании одной из компонент или максимальной разности ($\varphi_{кл}-\varphi_{мф}$). На рисунке 2 приведена зависимость D_f от абсолютной величины разности ($\varphi_{кл}-\varphi_{мф}$). Можно видеть, что снижение D_f по мере роста указанной разности, т.е. уменьшение «закачиваемой» в полимерную матрицу энергии или снижение степени «возмущения» структуры полимерной матрицы. Согласно уравнению (2), это означает уменьшение E_k по мере роста ($\varphi_{мф}-\varphi_{кл}$). Из данных рисунка 2 следует, что при максимальной доле плотноупакованных структурных компонент, равной 0,74 [9], величина $D_f=2,25$ или из уравнения (4) получим нижнее предельное значение E_k для реальных углепластиков равное 1,85 ГПа [7].

Приведённая на рисунке 2 зависимость предполагает определенную взаимосвязь E_k и параметра обратной связи структуры λ , который можно определить с помощью уравнения Пуанкаре, в котором уравнивающим параметром является фактор ориентации волокон η [11]:

$$\eta_{n+1} = \eta_n(1 - \eta_n)\lambda \quad (6)$$

где:

λ – параметр обратной связи.

На рисунке 3 приведена зависимость $E_k(\lambda)$, которая имеет ожидаемый характер, хотя и с достаточно большим разбросом. Увеличение λ означает усиление «перекачки» полимерного материала в одну из плотноупакованных структурных компонент, уменьшение D_f (рис. 2) и, как следствие, снижение E_k ((рис. 1) и уравнение (2)). Следует отметить, что вся рассмотренная вариация E_k получена при постоянном содержании наполнителя, что подчёркивает роль структурных изменений в определении этого параметра.

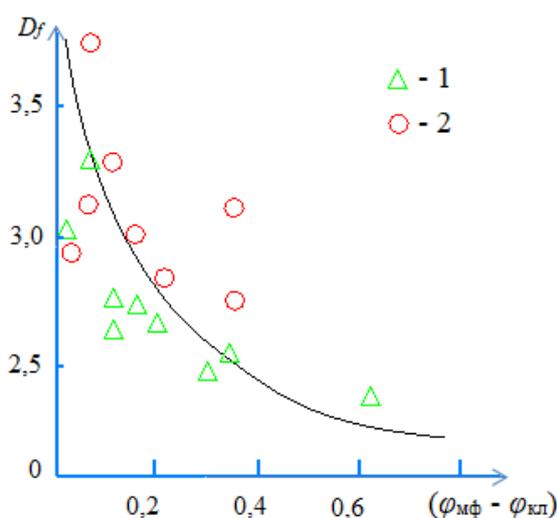


Рисунок 2. Зависимость размерности областей локализации избыточной энергии D_f от абсолютной величины разности относительных долей плотноупакованных структурных компонентов для углепластиков на основе фенилона, полученных с применением магнитной (1) и механической сепараций (2)

Figure 2. Dependence of the dimensionality of the regions of localization of excess energy D_f on the absolute value of the difference in the relative fractions of tightly packed structural components for phenylon-based carbon fibers obtained using magnetic (1) and mechanical separations (2)

Выводы. Таким образом, полученные в настоящей работе результаты показали возможность существенной вариации модуля упругости при постоянном содержании наполнителя за счёт структурных изменений.

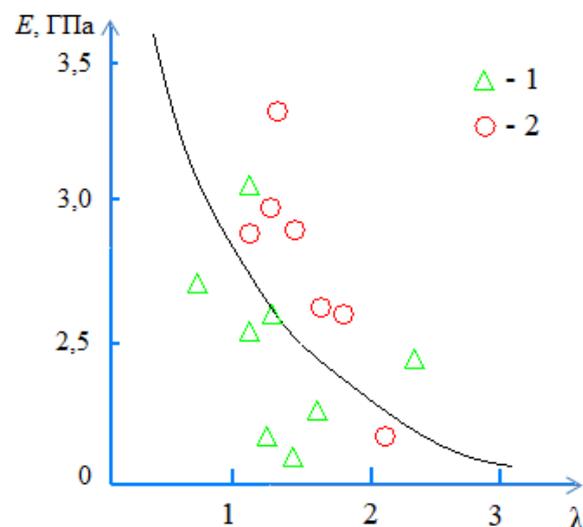


Рисунок 3. Зависимость модуля упругости E_k от параметра обратной связи λ для углепластиков на основе фенилона, полученных с применением магнитной (1) и механической сепараций (2)

Figure 3. Dependence of the modulus of elasticity E_k on the feedback parameter λ for carbon fiber based on phenylon obtained using magnetic (1) and mechanical separations (2)

Увеличение «закачиваемой» в полимерную матрицу энергии или степени её «возмущения», характеризуемое повышением размерности областей локализации избыточной энергии, приводит к росту модуля упругости, а усиление обратной связи в структуре углепластиков, означающее «перекачку» полимерного материала из одной плотноупакованной структурные компоненты в другую, определяет снижение его величины.

Список литературы

1. Нильсон Л. Механические свойства полимеров и полимерных композитов. Москва: Химия, 1978. 310 с.
2. Соколов Л. Б., Кузнецов Г. А., Герасимов В. Д. Фенилон – термостойкий ароматический полиамид // Пластические массы. 1967. № 9. С.21–23.
3. Структурный аспект межфазной адгезии в углепластиках / Г. В. Козлов, А. И. Буря, В. З. Алоев, Ю. Г. Яновский // Физическая мезомеханика. 2005. Т. 8. № 2. С. 35–38. EDN: ILFYCT
4. Ahmed S., Jones F.R. A review of particulate reinforcement theories for polymer composites // J. Mater. Sci. 1990. 25. № 12. Pp. 4933–4942.
5. Синергетика композитных материалов / А. Н. Бобрышев., В. Н. Козомазов, Л. О. Бабин, В. И. Соломитов. Липецк: НПО ОРИУС, 1994. 153 с.
6. Новиков В. У., Козлов Г. В. Фрактальная параметризация структуры наполненных полимеров // Механика композитных материалов. 1999. Т. 35. № 3. С. 269–290.
7. Буря А. И., Козлов Г. В., Ваньков А. Ю. Взаимосвязь структуры и модуля упругости для углепластиков на основе фенилона // Новости науки Приднестровья. 2004. № 3. С. 33–36.
8. Баланкин А. С. Синергетика деформируемого тела. Москва: Изд-во Министерства обороны СССР, 1991. 404 с.

9. Буря А. И., Козлов Г. В. Синергетика структуры полимерных композитов, формируемой во вращающемся электромагнитном поле // Наука, техника и высшее образование: проблемы и тенденции развития: материалы научно-практической конференции. Вып.1. Ростов-на-Дону, 2004. С. 56–58.

10. Kozlov G.V., Burya A.I., Zaikov G.E. Influence of feedback in the structure of carbon plastics on their properties // Journal of Applied Polymer Science. 2006. V. 100. Issue 4. Pp. 2817–2820.

11. Буря А. И., Козлов Г. В., Холодиллов О. В. Физический смысл управляющего параметра при формировании структуры углепластиков на основе фенилона // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. В. Прикладные науки. 2005. № 6. С. 36–39. EDN: URHYMB

References

1. Nilson L. *Mekhanicheskiye svoystva polimerov i polimernykh kompozitov*. [Mechanical properties of polymers and polymer composites]. Moscow: Khimiya, 1978. 310 p. (In Russ.)

2. Sokolov L.B., Kuznetsov G.A., Gerasimov V.D. Phenylon – heat-resistant aromatic polyamide. *Plasticheskiye massy*. 1967;(9):21–23. (In Russ.)

3. Kozlov G.V., Burya A.I., Aloeov V.Z., Yanovsky Yu.G. The structural aspect of interfacial adhesion in carbon plastics. *Physical mesomechanics*. 2005;8(2):35–38. (In Russ.). EDN: ILFYCT

4. Ahmed S., Jones F.R. A review of particulate reinforcement theories for polymer composites. *J. Mater. Sci.* 1990;25(12):4933–4942.

5. Bobryshev A.N., Kozomazov V.N., Babin L.O., Solomitov V.I. *Sinergetika kompozitnykh materialov* [Synergetics of composite materials]. Lipetsk: NPO ORIUS, 1994. 153 p. (In Russ.)

6. Novikov V.U., Kozlov G.V. Fractal parametrization of the structure of filled polymers. *Mechanics of Composite Materials*. 1999;35(3):269–290. (In Russ.)

7. Burya A.I., Kozlov G.V., Vankov A.Yu. Relationship between structure and elastic modulus for carbon fiber reinforced plastics based on phenylone. *Novosti nauki Pridneprov'ya..* 2004;(3):33–36. (In Russ.)

8. Balankin A.S. *Sinergetika deformiruyemogo tela*. [Synergetics of a deformable body]. Moscow: Izd-vo Ministerstva obrony SSSR, 1991. 404 p. (In Russ.)

9. Burya A.I., Kozlov G.V. Synergetics of the structure of polymer composites formed in a rotating electromagnetic field. *Nauka, tekhnika i vyssheye obrazovaniye: problemy i tendentsii razvitiya: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Vyp.1* [Science, technology and higher education: problems and development trends. Proceedings of the scientific and practical conference. Issue 1]. Rostov-on-Don, 2004. Pp. 56–58. (In Russ.)

10. Kozlov G.V., Burya A.I., Zaikov G.E. Influence of feedback in the structure of carbon plastics on their properties. *Journal of Applied Polymer Science*. 2006;100(4):2817–2820.

11. Burya A.I., Kozlov G.V., Kholodilov O.V. Physical meaning of the control parameter in the formation of the structure of carbon fiber reinforced plastics based on phenylone. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. V. Prikladnyye nauki*. 2005;(6):36–39. (In Russ.). EDN: URHYMB

Сведения об авторах

Жирикова Заира Муссавна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4378-8131, Scopus ID: 55558043600, Researcher ID: AAF-3690-2022

Алоев Владимир Закиевич – доктор химических наук, профессор кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 4533-8035, Scopus ID: 6505993830, Researcher ID: AAF-3822-2022

Алоев Кантемир Владимирович – аспирант кафедры теории права и государства, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», SPIN-код: 6392-4344, Researcher ID: JNS-4428-2023

Information about the authors

Zaira M. Zhirikova – Candidate of Physic-mathematical Sciences, Associate Professor at the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4378-8131, Scopus ID: 55558043600 Researcher ID: AAF-3690-2022

Vladimir Z. Alov – Doctor of Chemical Sciences, Professor of the chair of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 4533-8035, Scopus ID: 6505993830, Researcher ID: AAF-3822-2022

Kantemir V. Alov – Postgraduate Student of the Department of Theory of Law and State, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, SPIN-code: 6392-4344, Researcher ID: AAF-3822-2022

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 30.09.2024;
одобрена после рецензирования 22.10.2024;
принята к публикации 01.11.2024.*

*The article was submitted 30.09.2024;
approved after reviewing 22.10.2024;
accepted for publication 01.11.2024.*

Научная статья
УДК 631.3.021
doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-120-126

Исследование тепловых процессов в биогазовой установке

Батыр Амурович Фиапшев

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030
fiapsh99@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0000-2743-2207>

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы математического моделирования тепловых процессов в биогазовых установках с целью повышения равномерности распределения температурного поля в биореакторе. При анаэробном сбраживании навоза и других сельскохозяйственных отходов можно получить биогаз, который позволит обеспечить до 25% потребности малых сельхозпотребителей в энергоносителях и ценные биоорганические удобрения. Такая переработка отходов является наиболее эффективным экологоориентированным мероприятием, обеспечивающим его обеззараживание, снижение загрязнения почвы, водных ресурсов и атмосферы загрязняющими веществами и патогенной флорой. Переработка сельскохозяйственных отходов в биогазовых установках – сложная задача, которая в настоящее время еще не решена в полной мере. Анализ результатов исследований эффективности процесса перемешивания и нагрева в конструкции биогазовых установок, теоретических и экспериментальных исследований по утилизации отходов сельскохозяйственного производства с выработкой биогаза и биоудобрений показал, что существующие способы нагрева и перемешивания не обеспечивают равномерный нагрев сбраживаемой массы. В связи с этим разработана технологическая схема биогазовой установки для нужд малых фермерских хозяйств, обеспечивающей однородность температурного поля, состоящей из метантенка, газгольдера, перемешивающего и нагревательного устройства, вспомогательного оборудования и аппаратуры контроля и автоматики. Температурная однородность перемешиваемой среды достигается при совмещении теплообменника и перемешивающего устройства в один узел таким образом, что верхние и нижние лопасти смещены относительно друг друга под углом 25-35°, а боковые лопасти расположены под углом 25-35° относительно горизонтальной плоскости биореактора. Проведённые исследования по математическому моделированию позволили определить экономичные режимы работы биогазовой установки.

Ключевые слова: биотехнология, биогазовая установка, метантенк, математическое моделирование, температурная однородность, перемешивание, переработка сельскохозяйственных отходов

Для цитирования. Фиапшев Б. А. Исследование тепловых процессов в биогазовой установке // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 120–126. doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-120-126

Original article

Study of Thermal Processes in a Biogas Plant

Batyr A. Fiapshiev

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030
fiapsh99@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0000-2743-2207>

Abstract. The article considers the issues of mathematical modeling of thermal processes in biogas plants in order to increase the uniformity of the temperature field distribution in the bioreactor. With anaerobic fermentation of manure and other agricultural waste, it is possible to obtain biogas, which will provide up to 25% of the needs of small agricultural consumers in energy carriers and valuable bioorganic fertilizers. Such waste processing is the most effective eco-oriented measure, ensuring its disinfection, reducing pollution of soil, water resources and the atmosphere with pollutants and pathogenic flora. Processing of agricultural waste in biogas plants is a complex task that has not yet been fully solved. Analysis of the results of studies of the efficiency of the mixing and heating process in the design of biogas plants, theoretical and experimental studies on the utilization of agricultural waste with the production of biogas and biofertilizers showed that the existing methods of heating and mixing do not provide uniform heating of the fermented mass. In this regard, a process flow diagram of a biogas plant has been developed, ensuring uniformity of the temperature field, for the needs of small farms, consisting of a methane tank, a gas holder, a mixing and heating device, auxiliary equipment and control and automation equipment. Theoretical temperature uniformity of the mixed medium is achieved by combining the heat exchanger and the mixing device into one unit in such a way that the upper and lower blades are offset relative to each other at an angle of 25-350, and the side blades are located at an angle of 25-350 relative to the horizontal plane of the bioreactor. The conducted studies on mathematical modeling made it possible to determine the economical operating modes of the biogas plant.

Keywords: biotechnology, biogas plant, methane tank, mathematical modeling, temperature homogeneity, mixing, processing of agricultural waste

For citation. Fiapshv B.A. Study of Thermal Processes in a Biogas Plant. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):120–126. doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-120-126

Введение. Сельскохозяйственная биоэнергетика – одно из направлений эффективной переработки отходов сельскохозяйственного производства и навоза животноводческих предприятий, обеспечивающая получение подготовленных к непосредственному использованию высоко качественных органических удобрений и биологического газа, пригодного для использования в качестве топлива.

Установлено, что биогаз, получающийся в ходе этого процесса, представляет собой смесь из 65% метана, 30% углекислого газа, 1% сероводорода (H_2S) и незначительных количеств азота, кислорода, водорода и окиси углерода. Потенциальная энергия, заключенная в 28 м^2 биогаза, эквивалентна энергии $16,8\text{ м}^3$ природного газа, $10,8\text{ л}$ нефти или $18,4\text{ л}$ дизельного топлива [1, 2].

Разработкой биоэнергетических систем утилизации навоза и получения биогаза занимаются почти во всех странах мира. Технологический процесс переработки навоза и получения биогаза осуществляется на биоэнергетических установках, отличающихся как по составу сооружений, оборудования, принципу действия, так и параметрам процесса.

Выбор параметров технологического процесса систем получения биогаза зависит от

вида и технологии содержания животных, природно-климатических условий, предъявляемых требований к сброженной массе и биогазу, санитарного состояния животноводческого предприятия, наличия сельскохозяйственных угодий, энергоисточников и др.

Перевод животноводства на промышленную основу влечет за собой резкое увеличение выхода навозных стоков, которые по одному объекту могут составлять от 250 до 3000 т в сутки, а затраты средств на строительство системы удаления и утилизация навоза достигают 30% от общих капитальных вложений на строительство комплекса.

Удаление, переработка и утилизация навоза и помета являются не только сложной народнохозяйственной, но и актуальной экологической проблемой. Вместе с тем из навоза и помета «при их соответствующей переработке» можно получить ценные исходные продукты: органические удобрения, биогаз, кормовые добавки [3–5].

Биоэнергетические установки, применяемые в течение длительного времени на птицеводческих предприятиях, показывают экономическую целесообразность получения биогаза как источника тепловой энергии. Например, на птицеферме мощностью 50 тыс.

кур-несушек полученный биогаз способен обеспечить выработку электроэнергии внутренних нужд фермы. Срок окупаемости биогазовых установок от 3 лет и выше.

Внедрение в производство биоэнергетических установок способствует решению трех важнейших проблем [6]:

- продовольственной – за счет подготовки высококачественного удобрения и его рационального использования;

- энергетической – за счет получения и рационального использования биогаза;

- экологической – за счет обеспечения обеззараживания и дезодорации жидкого навоза.

Создание эффективных экологически безопасных производств по переработке отходов сельского хозяйства и промышленности в органические компосты позволит значительно улучшить структуру почв. Поэтому серьезное внимание в научно-исследовательских работах по проблеме компостирования навоза и помета направлено на разработку эффективных технологий с использованием сельскохозяйственных и промышленных отходов, содержащих большое количество органического вещества.

При соответствующих условиях перспективен способ переработки навоза и птичьего помета в биогаз. Практический интерес к биогазовым установкам, отмечаемый в настоящее время во всем мире, объясняется тем, что данная технология подготовки отходов к использованию предусматривает комплексное решение основных проблем, связанных с охраной окружающей среды, получением органических удобрений и источников энергии [7].

Известно, что при проведении вычислительного эксперимента сначала для исследуемого объекта (биогазовой установки) строится модель, с помощью которой можно «проиграть» его поведение в различных условиях и выбрать наиболее выгодные и удобные параметры без проведения каких-либо дорогостоящих и часто опасных экспериментов. Затем разрабатываются вычислительные алгоритмы, составляются программы для их реализации и, наконец, выполняются соответствующие расчеты на ЭВМ. При этом особо важно построение эффективных вычислительных алгоритмов, позволяющих получить решение поставленной задачи с заданной точностью за минимальное количество действий [8].

При определении статистических характеристик непрерывных сигналов, получаемых в процессе различных экспериментов, необходимо отнести их к какому-либо классу случайных процессов, т. е. построить математическую модель тепловых процессов биогазовой установки. Основанием для построения такой модели является априорная информация, источником которой могут служить некоторые предварительные данные, точка зрения ведущих специалистов, мнение персонала, занимающегося проведением эксперимента и т. п. Эта информация может быть уточнена и дополнена в ходе проведения предварительных экспериментов.

Таким образом, основой вычислительного эксперимента является математическое моделирование, теоретической базой – прикладная математика, а технической – программное обеспечение электронных вычислительных машин. В историческом плане работы, как по математическому моделированию, так и по численным методам, начаты значительно раньше появления ЭВМ. Однако только лишь после массового производства таких мощных и доступных средств обработки информации, как персональные компьютеры, стало возможным их широкое внедрение в практику экспериментальных исследований, в особенности, при организации и проведении вычислительных экспериментов в различных областях науки и техники.

Цель исследования – повышение равномерности распределения температурного поля по всему объёму биореактора для увеличения выхода биогаза и улучшения качества получаемого биоудобрения путем оптимизации параметров и режимов работы теплообменника-мешалки биогазовой установки, проведённых с использованием математического моделирования тепловых процессов.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследование и анализ тепловых процессов, протекающих в разработанном биореакторе при работе теплообменника-мешалки (рис. 1), проведены с использованием математического моделирования, которые могут быть описаны уравнениями термодинамики.

Для проведения исследований по математическому моделированию было применено ПО Comsol Multiphysics. Были использованы: термодатчик ДТС-105-50М, измеритель регулятор микропроцессорный ТРМ 202, программное реле времени ВС-10-31У4.



Рисунок 1. Схема теплообменника-мешалки
Figure 1. Heat exchanger-mixer diagram

Результаты исследования. В разработанном биореакторе произведено совмещение теплообменника и перемешивающего устройства в один узел таким образом, что верхние и нижние лопасти смещены относительно друг друга под углом 25-35°, а боковые лопасти расположены под углом 25-35° относительно горизонтальной плоскости биореактора [9].

Ее конструкция представляет собой вертикальный трубчатый вал с четырьмя лопастями. Эти же лопасти соединены между собой промежуточными лопатками, выполненными в виде прямоугольных труб, образуя при этом единую внутреннюю полость, в которой протекает вода сверху вниз. За счёт перемещения биомассы в горизонтальной и вертикальной плоскостях биореактора, по нашему мнению, увеличивается равномерность теплообмена и перемешивания, а также снижаются энергетические затраты.

Для проведения исследований по математическому моделированию была разработана геометрическая модель рассматриваемого биореактора в ПО Comsol Multiphysics (рис. 2).

Дифференциальное уравнение, описывающее тепловые процессы в установке согласно закону сохранения энергии, будет иметь вид:

$$\rho_{Г,Н} C_{Г,Н} \frac{\partial T_{Г,Н}}{\partial t} + \nabla q_{Г,Н} + \rho_{Г,Н} C_{Г,Н} u_{Г,Н} \nabla T_{Г,Н} = Q,$$

где:

$\rho_{Г,Н}$ – плотность газа или навоза, кг/м³;

$C_{Г,Н}$ – удельная теплоемкость газа или навоза, Дж/(кг·К);

$T_{Г,Н}$ – температура газа или навоза, К;

$q_{Г,Н}$ – тепловой поток обусловленный теплопроводностью среды, Вт/м²;

$u_{Г,Н}$ – скорость газового потока, вызванная конвекцией или навоза в случае его перемешивания, м/с;

Q – тепловыделение, Вт/м³.

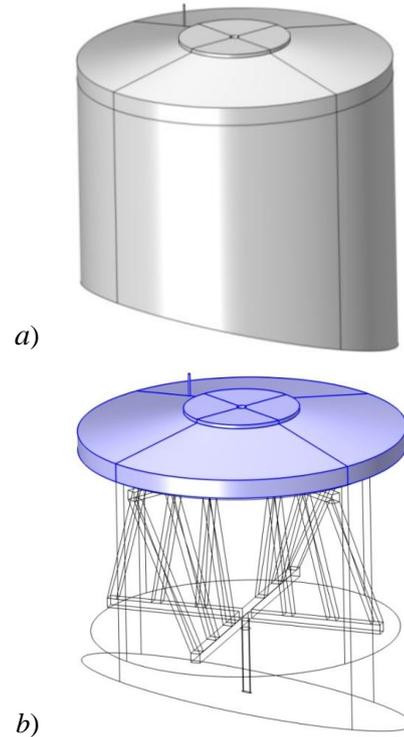


Рисунок 2. Изображение геометрической модели: *a* – биореактор; *b* – мешалка
Figure 2. Image of geometric model: *a* – bioreactor; *b* – mixer

Для дальнейшего моделирования тепловых процессов в установке с использованием граничных условий нами были определены средние скорости воды u_B в частях мешалки, имеющих геометрическое подобие и симметричное расположение. Данные значения скорости u_B использовались при расчете числа Re при нахождении теплового потока $q_{ВН}$ на поверхностях геометрической модели показанных на рисунке 3.

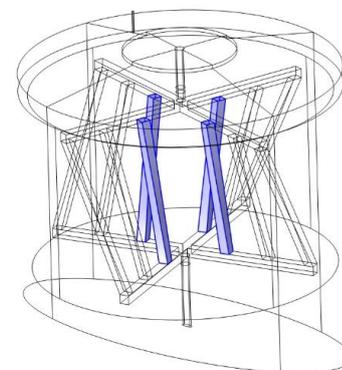


Рисунок 3. Изображение поверхностей мешалки, на которых было задано граничное условие
Figure 3. Image of the mixer surfaces where the boundary condition was specified

На рисунке 4 показаны плоскости геометрической модели, на которых были заданы граничные условия.

После проведенного выше математического описания тепловых процессов в установке,

а также задания соответствующих граничных условий на ее стенках, общий вид компьютерной модели тепловых процессов будет иметь вид:

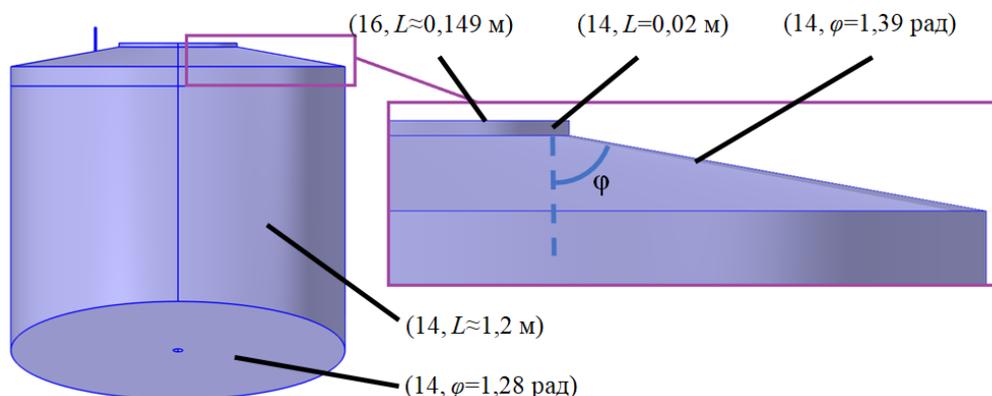


Рисунок 4. Изображение поверхностей установки, на которых были заданы соответствующие граничные условия описанные выше с указанием номера формулы и характерных размеров и углов
Figure 4. Image of the installation surfaces on which the corresponding boundary conditions described above were set, indicating the formula number and characteristic dimensions and angles

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_{Г,Н} C_{Г,Н} \frac{\partial T_{Г,Н}}{\partial t} + \nabla q_{Г,Н} + \rho_{Г,Н} C_{Г,Н} u_{Г,Н} \nabla T_{Г,Н} = Q; \\ q_{Г,Н} = -k_{Г,Н} \nabla T_{Г,Н}; \\ \frac{\partial \rho_{Г}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_{Г} u_{Г}) = 0; \\ \rho_{Г} \frac{\partial u_{Г}}{\partial t} + \rho_{Г} u_{Г} \nabla u_{Г} = \nabla(-pI + K) + \rho_{Г} g; \\ K = \mu_{Г} (\nabla u_{Г} + (\nabla u_{Г})^T) - \frac{2}{3} \mu_{Г} (\nabla u_{Г}) I; \end{array} \right\} \text{опред. темп. навоза и газа}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \cdot (\rho_{Н} v) = 0; \\ \rho_{Н} v \nabla v + 2 \rho_{Н} \Omega \times v = \nabla(-pI + \tau) + F - \rho_{Н} \Omega \times (\Omega \times r); \\ u_{Н} = v + \frac{\partial r}{\partial t}; \end{array} \right\} \text{опред. скорости навоза}$$

$$\left. \begin{array}{l} q_{ВН} = h(T_{В} - T_{Н}); \\ h = f(C_{В}, \mu_{В}, \rho_{В}, \mu_{ВН}, k_{В}, u_{В}, D); \end{array} \right\} \text{ГУ на поверх. "мешалка - навоз"}$$

$$\left. \begin{array}{l} n(-pI + \mu_{В} (\nabla u_{В} + (\nabla u_{В})^T)) = -p_{out} n; \\ q_{НО} = h(T_{Н} - T_{ОКР}); \end{array} \right\} \text{ГУ на поверх. выхода газа из установки}$$

$$\left. \begin{array}{l} h = f(C_{Г}, \mu_{Г}, \rho_{Г}, k_{Г}, L, \varphi); \end{array} \right\} \text{ГУ на поверхности "стенка - окружающая среда"}$$

Для компьютерного расчета методом конечных элементов была построена сетка, состоящая из 177 тысяч элементов и показанная на рисунке 5. Для расчета системы был использован ряд физических интерфейсов ПО Comsol Multiphysics. А именно, интерфейс «Laminar Flow» для расчета скоростей газа и навоза.

Предлагаемый вариант работы установки показан на рисунке 6 в виде диаграмм.

Он является экономичным вследствие периодической работы мешалки и подачи воды, но при этом разница между максимальной и минимальной температурами ΔT в установке может достигать 22°C , в особенности в пристеночной области.

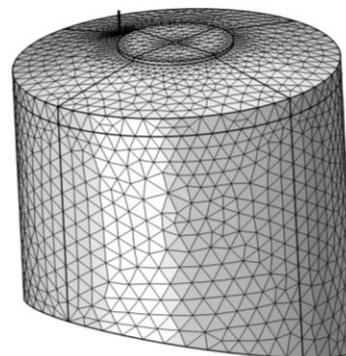


Рисунок 5. Общий вид расчетной сетки для определения тепловых полей в установке
Figure 5. General view of the calculation grid for determining thermal fields in the installation

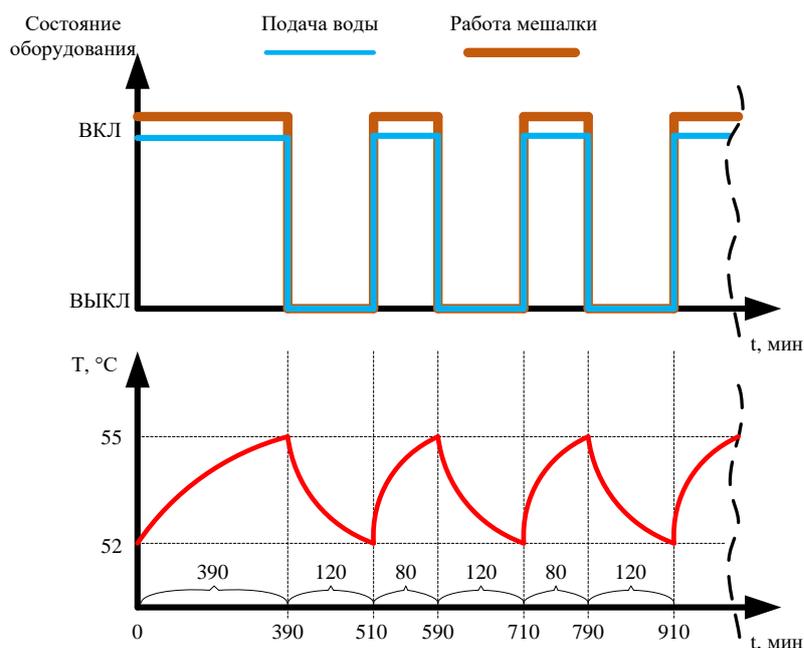


Рисунок 6. Диаграммы работы установки в экономичном режиме ($\Delta T \leq 22^\circ\text{C}$)
Figure 6. Diagrams of the plant operation in economy mode ($\Delta T \leq 22^\circ\text{C}$)

Выводы. Разработана компьютерная модель тепловых процессов в биогазовой установке, включающая в себя начальные и граничные условия, в которых заданы значения параметров на входных и выходных границах исследуемой геометрической области, а также учитывается теплоотдача с поверхности мешалки к навозу от скорости протекания горячей воды через нее, а также теплоотдача от стенок установки в окружающую среду, в зависимости от ее геометрической конфигурации.

На основании полученных результатов компьютерного моделирования был предло-

жен следующий режим работы установки. Первоначально производится нагрев навоза от 20°C до температуры 55°C в течении 390 минут с постоянным его перемешиванием (частота вращения 7 об/мин). После достижения заданной температуры и отключения работы установки может идти экономичным режимом – в течение 120 минут осуществляться его остывание до 52°C с последующим включением процесса перемешивания и нагрева до 55°C за 80 минут (при этом ΔT может достигать 22°C на удалении 5,5 см от стенок установки).

Список литературы

1. Дурдыбаев С. Д., Данилкина В. С. Рязанцев В. П. Утилизация отходов животноводства и птицеводства: Обзор. Москва: Агропромиздат, 1989, 56 с.
2. Бондаренко А. М., Качанова Л. С. Эффективность технологизации процессов переработки органических отходов животноводства // АПК: Экономика, управление. 2019. № 7. С. 54–61. DOI: 10.33305/197-54. EDN: UMUJZA
3. Скорб И. И. Анализ физико-механических свойств жидкого навоза // Передовые технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Минск, 30-31 марта 2017 г. Минск: БГАТУ, 2017. С. 205–207.
4. Харченко С. Н. Эффективные режимы работы сушильной установки пчелиной перги с рациональными параметрами комбинированного нагрева: дис. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2022. 128 с.
5. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А., Фиашев А. Г. Разработка и исследование биореактора для получения биоудобрения и биогаза // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 2(40). С. 60–63. DOI: 10.12737/20637. EDN: WHQVRL
6. Савватеева И. А., Друзьянова В. П. Электроэнергия из биогаза // Актуальные вопросы аграрной науки. 2020. № 34. С. 27–37. EDN: WWUGEE

7. Оптимизация параметров и режимов работы биогазовой установки для достижения максимального выхода биометана / А. Г. Фиапшев, М. М. Хамоков, О. Х. Кильчукова, Б. Б. Темукуев, Б. А. Фиапшев // Энергобезопасность и энергосбережение. 2021. № 3. С. 41–45. DOI: 10.18635/2071-2219-2021-3-41-45. EDN: EZKGZU

8. Экологически чистые и ресурсосберегающие альтернативные системы энергоснабжения сельскохозяйственных предприятий Кабардино-Балкарской Республики / А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, Л. М. Хажметов. [и др.]. Нальчик, 2022. ISBN 978-5-89125-194-6

9. Патент № 174157 Российская Федерация МПК А01С 3/00(2006.01). Биореактор / А. Г. Фиапшев, О. Х. Кильчукова, А. К. Апажев, Л. М. Хажметов, Ю. А. Шекихачев, М. М. Хамоков, Л. Р. Керимова, А. Р. Тхагапсова, Б. А. Фиапшев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. № 2017119040; заявл. 31.05.2017; опублик. 05.10.2017. Бюл. № 28.

References

1. Durdybaev S.D., Danilkina V.S., Ryazantsev V.P. *Utilizatsiya otkhodov zhivotnovodstva i ptitsevodstva: Obzor* [Utilization of livestock and poultry waste: Review]. Moscow: Agropromizdat, 1989, 56 p. (In Russ.)

2. Bondarenko A.M., Kachanova L.S. Efficiency of technologization of processes of processing of organic waste of livestock production. *APK: ekonomika, upravleniye*. 2019;(7):54–61. (In Russ.). DOI: 10.33305/197-54. EDN: UМУJZA

3. Skorb I.I. Analysis of physical and mechanical properties of liquid manure. *Peredovyye tekhnologii i tekhnicheskoye obespecheniye sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Minsk, 30-31 marta 2017 g.* [Advanced technologies and technical support of agricultural production: materials of the International scientific-practical. conf. Minsk, March 30-31, 2017]. Minsk: BGATU, 2017. Pp. 205–207. (In Russ.)

4. Kharchenko S. N. *Effektivnyye rezhimy raboty sushil'noy ustanovki pchelinoy pergi s ratsional'nymi parametrami kombinirovannogo nagreva: dis. ... kand. tekhn. nauk.* [Efficient operating modes of a bee bread drying plant with rational parameters of combined heating: dis. ... Cand. of Engineering Sciences]. Krasnodar, 2022. 128 p. (In Russ.)

5. Apazhev A.K., SHEkihachev Yu.A., Fiapshev A.G. Development and study of bioreactor for application bio-fertilizers and biogas. *Vestnik of Kazan state agrarian university*. 2016;11(2):60–63. (In Russ.). DOI: 10.12737/20637. EDN: WHQVRL

6. Savvateeva I.A., Druzyanova V.P. Electricity from biogas. *Aktual'nyye voprosy agrarnoy nauki*. 2020;(34):27–37. (In Russ.). EDN: WWUGEE

7. Fiapshev A.G., Hamokov M.M., Kil'chukova O.H., Temukuev B.B., Fiapshev B.A. Optimization of parameters and operation modes of a biogas plant for achieving the highest biomethane yield. *Energy-safety and Energy-economy*. 2021;(3):41–45. (In Russ.). DOI: 10.18635/2071-2219-2021-3-41-45. EDN: EZKGZU

8. Apazhev A.K., SHEkihachev YU.A., Hazhmetov L.M. [et al.]. *Ekologicheski chistyye i resursosberegayushchiye al'ternativnyye sistemy energosnabzheniya sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiy Kabardino-Balkarskoy Respubliki* [Environmentally friendly and resource-saving alternative energy supply systems for agricultural enterprises of the Kabardino-Balkarian Republic]. Nalchik, 2022. (In Russ.). ISBN 978-5-89125-194-6.

9. Patent No. 174157 Russian Federation IPC A01C 3/00(2006.01). Bioreactor. A.G. Fiapshev, O.Kh. Kilchukova, A.K. Apazhev, L.M. Khazhmetov, Yu.A. Shekihachev, M.M. Khamokov, L.R. Kerimova, A.R. Tkha gapsova, B.A. Fiapshev; applicant and patent holder FGBOU VO Kabardino-Balkarian SAU. No. 2017119040; application 31.05.2017; published 05.10.2017. Bulletin No. 28. (In Russ.)

Сведения об авторе

Фиапшев Батыр Амурович – аспирант кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 6490-4752, Scopus ID: 58033451200

Information about the author

Batyr A. Fiapshev – Postgraduate student of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 6490-4752, Scopus ID: 58033451200

Статья поступила в редакцию 20.11.2024;
одобрена после рецензирования 04.12.2024;
принята к публикации 12.12.2024.

The article was submitted 20.11.2024;
approved after reviewing 04.12.2024;
accepted for publication 12.12.2024.

Пищевые системы

Food Systems

Научная статья

УДК 642.58(470+571)

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-127-135

**Моделирование мероприятий по снижению «индекса несъедаемости»
при организации школьного питания: аналитический обзор мониторинга
длины перемены на завтрак и обед в общеобразовательных
организациях Российской Федерации**

Константин Викторович Кривошонок

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Волоколамское шоссе, 11, Москва, Россия, 125080

Центр гигиенического образования населения Роспотребнадзора, 1-й Смоленский переулок, 9, строение 1, Москва, Россия, 121099

krivoshonok@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6360-6964>

Аннотация. Эффективная система организации питания школьников включает мероприятия, способствующие снижению «индекса несъедаемости» блюд в школьной столовой, мониторинг и оценка которых является результатом повышения уровня удовлетворенности питанием среди детей школьного возраста. К числу мероприятий, способствующих снижению «индекса несъедаемости» блюд в школьной столовой, следует отнести нормирование длины перемены на каждый прием пищи, который должен составлять не менее 20 минут, а также количество перемен, оборачиваемость посадочных мест в обеденном зале школьной столовой. Цель исследования: гигиеническая оценка длины перемены на питание в общеобразовательных организациях, представленных в субъектах Российской Федерации. Материалы и методы исследования: Материалами исследования являлись мониторинговые данные и их анализ, проведенный в отношении общеобразовательных организаций (n=120). Дана оценка полученным результатам по показателю «продолжительность перемены» на прием пищи (завтрак и обед). Установлено, что из 154 школ только одна школа в столице, мощность которой составляет от 200 до 500 учащихся, в обеденное время отмечена перемена продолжительностью 20 мин., а среди крупного деревенского кластера, количество обучающихся 1921, перемена на завтрак составляет 25 мин, а на обед – 28 мин. Выявлена противоречивость сведений о длине перемены с фактическими наблюдениями (замерами) для всех кластеров школ разной комплектности. Установлено, что продолжительность перемены во время завтрака находится в пределах в среднем от 10 до 19 мин по трем видам кластеров, а обед длится от 10 до 18 мин, что явно противоречит требованиям СанПиН 2.3/2.4.3590-20. Полученные результаты указывают на несоответствие между санитарно-гигиеническим нормированием по показателю «продолжительность перемены» для приема пищи по группе завтрак на 10-50%, по группе обед на 5-50%.

Ключевые слова: школьное питание, индекс несъедаемости, длина перемены, пищевые отходы, кластеры

Для цитирования. Кривошонок К. В. Моделирование мероприятий по снижению «индекса несъедаемости» при организации школьного питания: аналитический обзор мониторинга длины перемены на завтрак и обед в общеобразовательных организациях Российской Федерации // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 127–135.

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-127-135

Original article

Modeling Measures to Reduce the "Indegrability Index" in Organizing School Meals: Analytical Review of Monitoring the Length of Breakfast and Lunch Breaks in General Educational Organizations of the Russian Federation

Konstantin V. Krivoshonok

Russian Biotechnological University, 11 Volokolamskoe Highway, Moscow, Russia, 125080
Center for Hygienic Education of the Population of Rospotrebnadzor, 9 Building 1st Smolensky Lane, Moscow, Russia, 121099

krivoshonok@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6360-6964>

Abstract. An effective system of organizing school meals includes measures that help reduce the "inedibility index" of dishes in the school canteen, monitoring and evaluation of which is the result of increasing the level of satisfaction with nutrition among school-age children. The measures that help to reduce the "inedibility index" of meals in the school canteen include standardizing the length of the break for each meal, which should be at least 20 minutes, as well as the number of breaks, and the turnover of seats in the school canteen dining hall. The purpose of the study: hygienic assessment of the length of the break for meals in general education organizations represented in the constituent entities of the Russian Federation. Materials and methods of the study: The materials of the study were monitoring data and their analysis, conducted in relation to general education organizations (n=120). Results. An assessment was made of the results obtained for the indicator "duration of the break" for meals (breakfast and lunch). It was found that out of 154 schools, only one school in the capital, with a capacity of 200 to 500 students, has a 20-minute break during lunchtime, while in a large rural cluster with 1921 students, the break for breakfast is 25 minutes and for lunch – 28 minutes. Inconsistency was revealed between the information on the length of the break and the actual observations (measurements) for all clusters of schools of different sizes. It was found that the duration of the break during breakfast is within an average of 10 to 19 minutes for three types of clusters, and lunch lasts from 10 to 18 minutes, which clearly contradicts the requirements of SanPiN 2.3/2.4.3590-20. The obtained results indicate a discrepancy between the sanitary and hygienic standards for the indicator "duration of break" for food intake in the breakfast group by 10-50% and in the lunch group by 5-50%.

Keywords: school meals, inedibility index, length of break, food waste, clusters

For citation. Krivoshonok K.V. Modeling Measures to Reduce the "Indegrability Index" in Organizing School Meals: Analytical Review of Monitoring the Length of Breakfast and Lunch Breaks in General Educational Organizations of the Russian Federation. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):127–135. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-127-135

Введение. Формирование вкусовой привлекательности кулинарных изделий остается актуальной задачей, в том числе при моделировании мероприятий по снижению «индекса несъедаемости» и во время проведения динамического мониторинга снижения массы пищевых отходов от школьной столовой. По данным гигиенического мониторинга качества организации питания школьников область варьирования исследуемого индекса для разных субъектов РФ находится в широких пределах: от 3,0 до 35,0% в период завтраков, а во время обеденного приема пищи от 2,0 до

37,0% диапазон размаха в разных регионах средних показателей несъедаемости составлял для завтраков 3,0-35,0%, обедов – 2,0-37,0%. Еще более высокие показатели в определенные периоды в течение с 2020 до конца 2022 учебных годов зафиксированы в части субъектов РФ, где данный показатель превышает 50% [1], хотя в мониторинге не отмечен удельный вес продолжительности перемены и статистическая взаимосвязь с «индексом несъедаемости» или количеством неостребованных блюд (кг) после каждого приема пищи (завтрак, обед). Организация

рационального питания учащихся во время пребывания их в школе – один из ключевых факторов поддержания здоровья и эффективности обучения [2].

Теоретические положения гигиенической «нормы» гигиены детей и подростков были сформулированы С. М. Громбахом (1967) и дополнены Е. И. Корневской (1969), особое место в гигиеническом нормировании занимают вопросы, связанные с обоснованием количества и продолжительности перемен во время учебного процесса [3].

В соответствии с действующими санитарными правилами и нормами продолжительность перемен между уроками составляет не менее 10 минут, большой перемены (после 2 или 3 урока) – 20-30 минут¹ [4], продолжительность перемены для приема пищи должна составлять не менее 20 минут² [3, 5]. Однако любые гигиенические нормативы не могут быть стабильными, изменения научных знаний в области гигиены питания, гигиены детей и подростков требуют их систематического пересмотра и усовершенствования.

Так, например, в настоящее время продолжительность перемены для приема пищи не учитывает этажность здания и время, необходимое для перемещения от учебного кабинета до школьной столовой. Первые основные требования к этажности школьного здания были сформулированы Ф.Ф. Эрисманом в 1900-х гг. и рекомендовали малоэтажные здания – 1-2-этажа, позднее, до 1963-1964 годов в условиях городской застройки происходило увеличение этажности школьных зданий до 4-х или 5-ти этажей. Увеличение этажности школьных зданий имело отрицательные тенденции удобства пользования. В работах А. Я. Гуткина (1962) было отмечено, что для перемещения 800-900 школьников из четырехэтажного здания при наличии двух лестниц и двух выходов требуются 4 минуты, поэтому за десятиминутную перемену школьники фактически могут быть на воздухе не более 2-4 минут [4]. В работах Е. И. Корневской (1974) установлено, что расстояние от наиболее удаленных учебных помещений до

обеденного зала в большинстве типовых школ, проектируемых в период с 1960-80 гг., составляет 130-170 метров. Хронометраж показал, что дети затрачивают на завтрак в среднем 3 минуты, а на дорогу до столовой – 4,5 минут. С учетом подготовки к завтраку (мытью рук, выдача пищи) общая его продолжительность должна составлять 11-12 минут при длительности перемен 10 минут. Е. И. Корневской был сделан вывод: при проектировании «новых зданий» школ необходимо либо приближать столовую к учебным блокам, либо удлинять перемены [5].

Как же решается проблема продолжительности перерывов на прием пищи в процессе учебного времени в школах Англии? Перерывы и обеденное время являются общепринятыми в школах. Не было случаев, когда школы не сообщали о какой-либо форме перерыва для учеников. Общее время, отведенное на перерывы, варьируется в зависимости от этапа обучения. Анализ исследований, включающий организацию питания детей в США и Европе в период пребывания в школе, обобщен Кучмой В. Р. и Гореловой Ж. Ю. [6]. Общие принципы, связанные с физиологией питания ребенка, в анализируемых учебных заведениях указанных стран не соблюдаются должным образом. Компенсируется выявленный дисбаланс в пищевых веществах и энергии путем использования пищевых добавок, витаминизацией блюд и применением в технологическом процессе витаминно-минеральных комплексов. Внедрение таких методов, частично решающих задачу по снижению «индекса несъедемости», не обеспечивают удовлетворение растущего организма в пищевых веществах и энергии.

В Англии в процессе работы по оздоровлению детей, борьбе с ожирением введены рекомендации по дозированному употреблению соли, сахара и жиров. В рацион школьников добавлены свежие фрукты. В Австралии в этом направлении принято крайне полезное решение о повышении просветительской деятельности по вопросам здорового питания и культуры употребления пищи. В Финляндии для оздоровления детей увеличили количество молока, которое предложили в питании школьников в возрасте от 7 до 19 лет. В завтрак включено горячее блюдо, салат, молоко и хлеб. В США для питания де-

¹СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».

²МР 2.4.0179-20 «Рекомендации по организации питания обучающихся общеобразовательных организаций».

тей в школах ввели бесплатные завтраки. В ряде штатов в школьных столовых предложены свежие фрукты и овощи. Введена маркировка продуктов детского питания.

Помимо изменений в рационах питания в ряде стран установлены ограничения по отдыху детей в процессе обучения. Так, в Англии выделены основные ключевые этапы в зависимости от возрастной категории. Для детей 1-й категории 5-7 лет перерыв на завтрак составляет два часа (он после двух уроков). Для 2-й категории обучаемых 7-11 лет выделяется перерыв – 76 минут, а для двух других категорий (3-й в возрасте от 11 до 14 лет и 4-й – от 14 до 16 лет) продолжительность перерыва составляет 63-64 минуты, что относительно занятости детей в учебном процессе составляет около 22%, 20% и 16%. В частных школах перерывы были длиннее, чем в школах, финансируемых государством.

В английских школах между остальными уроками, как и в нашей стране, в утренние часы перерывы небольшие, продолжительность составляет от 15 до 20 минут. в обеденное время перерывы более длительные, от 45 до 60 минут. В большинстве начальных школ утренние перерывы длятся 15 минут, а в некоторых – 20 минут. Продукты для школьных завтраков детей с ограниченными возможностями здоровья предложено в США и Канаде обогащать фолиевой кислотой [7, 8].

Ассоциация школьного питания США рекомендует отводить на обед 25 минут ученикам начальной школы и 30 минут – ученикам средних и старших классов. В странах Центральной Америки в процессе витаминизации токоферолом блюд снизилась заболеваемость, вызванная его недостатком в 3 раза [8, 9].

В крупных городах, таких как Шанхай, например, китайские школьники проводят в школе с 8 утра до 15 часов дня, а на обед отводится полтора часа. Есть школы в других районах Китая, где в обеденное время дети могут отправиться домой на дневной сон.

В КНР учащиеся посещают школу пять дней в неделю. Учебный процесс обычно начинается с 7:30-8:00 и заканчивается около 15:00. В школах, где учебный процесс заканчивается около 17:00 часов вечера, режим питания скорректирован относительно расписания уроков. В этих школах обычно есть длинный перерыв на обед продолжительностью 2-2,5 часа [10].

Приведенные данные в обзоре, исходя из педагогических и гигиенических требований, подтверждают необходимость учитывать при проектировании вновь возводимых современных зданий школ «маршрутизацию» детей к объектам школьной инфраструктуры, что требует новых дополнительных исследований и обоснования времени доступности этих объектов.

Например, в современных многоэтажных зданиях удлиняются и усложняются пути следования к обеденным залам, а на лестничных клетках образуются встречные потоки детей, что уменьшает фактическое свободное время питания в обеденном зале. Также не учитывается время, необходимое для гигиенической обработки рук перед обеденным залом, время ожидания в очереди (при наличии системы обслуживания через раздачу) и другие факторы. Таким образом, проектирование вновь возводимых современных зданий школ требует новых дополнительных исследований и обоснования времени доступности объектов школьной инфраструктуры, например, обеденного зала при организации перемен на завтрак и обед в школе. Без этих изменений школа не может гарантировать качественное питание и реализацию программ здорового питания для сохранения и укрепления здоровья будущих поколений.

Цель исследования – гигиеническая оценка длины перемены на питание в общеобразовательных организациях, представленных в субъектах Российской Федерации.

Материалы, методы и объекты исследования. Материалами исследования являлись мониторинговые данные и их анализ, полученный в 2024 г. в отношении общеобразовательных организаций (n=120) в 63 субъектах Российской Федерации, в том числе: 30 малокомплектных школ, 30 школ с численностью обучающихся n=50-200 человек, 30 школ с численностью обучающихся n=200-500 человек и 30 школ с численностью обучающихся n=500 и более человек. Кластеры школ равномерно распределены по группам (n=40): 1) город-район, 2) столица и 3) деревенская местность. Использовались метод системного анализа данных, расчетные методы описательной статистики в программе Microsoft Excell, анкетно-опросный и санитарно-описательный методы и Statistica 10.0, анкет-

но-опросный метод. Оценка результатов проводилась с применением метода описательной статистики.

Результаты исследования. В соответствии с посланием Президента РФ Путина В. В. 15.01.2020 г. Федеральному Собранию во всей стране развернута программа обеспечения бесплатным питанием обучающихся начальной школы, а также предоставление услуг питания остальным возрастным категориям обучающихся. Функция оказания услуг была возложена на администрацию образовательной организации. Для предоставления услуг питания должны быть оборудованные помещения для производства продукции и ее реализации, выделены субсидии, составлено расписание учебных занятий и перемен, проведены мероприятия по пропаганде здорового образа жизни и рационального питания и прочее. Одна из наиболее значимых позиций, всецело зависящая от руководства школы и непосредственно отражающаяся на физиологии ребенка, – продолжительность перемены, позволяющая школьнику прийти из класса в столовую, помыть руки, получить завтрак или обед (через раздачу), найти свое посадочное место, выделенное для соответствующего класса, позавтракать (пообедать), убрать использованную посуду и вернуться в свой класс на урок [11].

Мониторинг организации питания школьников, проведенный в 154 образовательных организациях России (табл. 1, рис. 1а) среди таких кластеров, как школы с контингентом более 500 обучающихся, от 50 до 500, малокомплектные и от 200 до 500 школьников, а также по территориальному принципу размещения образовательных организаций (рис. 1а и 1б).

Кластер территориального размещения школ включает образовательные организации, размещенные в городах, сельских населенных пунктах и столице России.

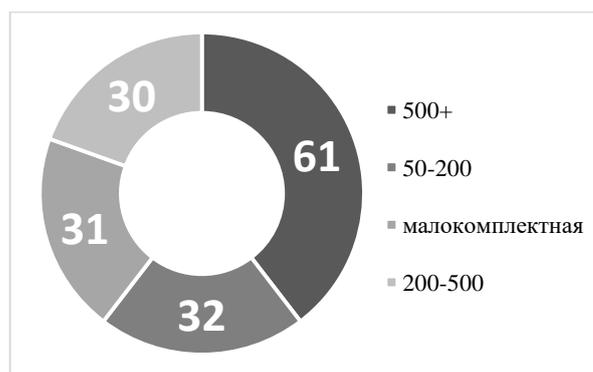
Сравнивая два кластера, можно отметить, что в субъектах Российской Федерации максимальное количество школ с контингентом, превышающим 500 человек, участвующих в мониторинге, составило 61. Предполагается, что они в основном сосредоточены в городах-миллионниках. Характерной особенностью для России является наличие большого количества малокомплектных школ – 31.

Основная масса школьников примерно одинаково находятся в организациях – 30 и 32 школы соответственно с контингентом 200-500 и от 50 до 200 человек.

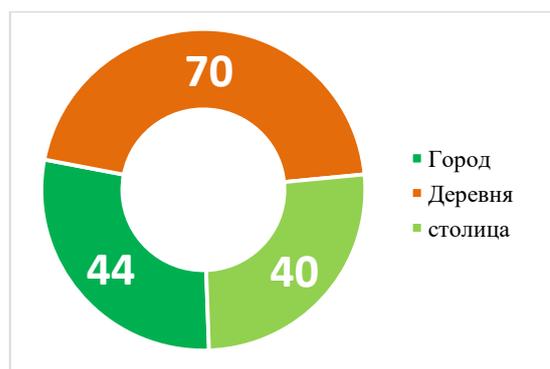
Таблица 1. Комплектность школ в которых проводился мониторинг организации питания обучающихся

Table 1. Completeness of schools where monitoring of the organization of students' meals was conducted

Комплектность школ	Количество школ
500+	61
50-200	32
малокомплектная	31
200-500	30
Итого	154



а – комплектность школ



б – территориальная принадлежность

Рисунок 1. Кластеры, обеспечивающие организацию питания обучающимся
Figure 1. Clusters providing catering for students

Необходимо отметить также, что максимальное количество школ расположено в сельской местности. Это подтверждает пре-

дыдущий вывод о большой территории страны и рассредоточении проживания жителей, а отсюда и обучения детей, закрепленных за данными объектами образовательной деятельности.

Тот факт, что в столице и крупных городах количество школ примерно одинаковое. Эта зависимость отмечается и в различных странах мира.

Практически каждая школа наряду с образовательной деятельностью оказывает услуги по организации питания детей в соответствии с СанПиН 2.3/2.4.3590-20 и МР 2.4.0179-20¹.

Фактическая организация питания обучающихся для двух рассматриваемых кластеров показана в таблице 2.

Таблица 2. Мониторинг перемен в столовых образовательных организаций различных регионов страны
Table 2. Monitoring changes in the canteens of educational institutions in various regions of the country

Комплектность школ, чел.	Кластер	Кол-во учеников, чел.	Кол-во детей начальных классов, чел.	Длина перемен на питание (завтрак), мин	Длина обеда, мин	Посадочных мест, шт.	Сколько перемен задействовано на завтрак, шт.	Кол-во перемен на обед, шт.
500+	Город	17784	7198	17	13	4111	4	2
	Деревня	1921	864	25	28	830	3	2
	Столица	39024	16743	17	18	6223	4	3
500+ итого:		58729	24805	18	17	11164	4	3
200-500	Город	5704	2520	17	13	1635	3	2
	Деревня	4375	1931	19	10	1294	3	1
	Столица	968	427	18	20	356	4	3
200-500 итого:		11047	4878	18	13	3285	3	1
50-200	Город	777	470	21	16	593	2	1
	Деревня	2555	1079	19	13	1334	3	1
	Столица	130	59	15	15	60	2	2
50-200 итого:		3462	1608	19	14	1987	3	1
Малокомплектная	Деревня	1015	424	19	16	1091	2	1
	Деревня	17	6	10	10	40	1	2
Малокомплектная, итого:		1032	430	18	16	1131	2	1
Всего		74270	31721	18	15	17567	3	2

Результаты сравнительной характеристики показателей, обеспечивающих питание школьников при разных условиях (крупные столовые и пищеблоки в малокомплектных школах) и не одинаковых возможностях организации питания (город, деревня и столица), свидетельствуют о том, что наибольший удельный вес столовых сосредоточен в столице и городах миллионниках, а пищеблоков, которые не могут работать на сырьевом цикле, но продолжают работать на сырье, отмечен в деревнях, новых российских территориях, в Арктической зоне и районах Крайнего Севера. Есть одно связующее звено, объеди-

няющее все эти школы – минимальное количество времени, отведенное для приема пищи. В 60% школ оно приближается к нормам физиологических потребностей детей, отмеченных в СанПиН 2.3/2.4.3590-20², рекомендуемое не менее 20 мин.

¹МР 2.4.0179-20 Рекомендации по организации питания обучающихся общеобразовательных организаций Методические рекомендации от 18.05.2020 N 2.4.0179-20.

²СанПиН 2.3/2.4.3590-20 Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения.

Анализ полученных показателей (табл. 3) характеризует очень короткую «продолжительность перемены» на прием пищи (завтрак и обед). Установлено, что из 154 школ только в одной школе в столице, мощность которой составляет от 200 до 500 учащихся,

в обеденное время отмечена перемена продолжительностью 20 минут, а среди крупного деревенского кластера, количество обучающихся 1921, перемена на завтрак составляет 25 минут, а на обед – 28 минут.

Таблица 3. Показатели средней продолжительности перемен на завтрак и обед в школах России (по данным мониторинга 2024 г.)

Table 3. Indicators of the average duration of breaks for breakfast and lunch in Russian schools (according to monitoring data from 2024)

Комплектность школ	Кластер	Средняя длина на завтрак (мин.)	Средняя длина обеда (мин.)
500+	город	17	13
	деревня	25	28
	столица	17	18
Итого 500+		18	17
200-500	город	17	13
	деревня	19	10
	столица	18	20
Итого 200-500		18	13
50-200	город	21	16
	деревня	19	13
	столица	15	15
Итого 50-200		19	14
Малокомплектная	деревня	18	16
Итого малокомплектная		18	16
Всего		18	15

Выявлена противоречивость сведений о длине перемены с фактическими наблюдениями (замерами) для всех кластеров школ разной комплектности. Установлено, что продолжительность перемены во время завтрака находится в пределах в среднем от 10 до 19 мин по трем видам кластеров, а обед длится от 10 до 18 мин, что явно противоречит требованиям СанПиН 2.3/2.4.3590-20. Полученные результаты указывают на несоответствие между санитарно-гигиеническим нормированием по показателю «продолжительность перемены» для приема пищи по группе завтрак на 10-50%, по группе обед на 5-50%. Показатели средней продолжительности перемен на завтрак и обед в школах России по результатам проведенного мониторинга в 2024 году составляют от 18 минут для завтрака и 15 минут для обеда [12–15].

Выводы. Полученные результаты указывают на несоответствие между санитарно-гигиеническим нормированием по показателю «продолжительность перемены» для приема пищи по группе завтрак на 10-50%, по группе обед на 5-50%. Недополученные макро- и микронутриенты, вследствие увеличения количества «тарелочных» отходов, которые остаются невостребованными у школьников после приемов пищи, напрямую влияют на здоровье детей школьного возраста. Нецелесообразно разносить показатель «продолжительности перемены» по разным нормативно-правовым документам в связи с наличием разночтений между фактическими (измеримыми) показателями и локально-нормативными актами образовательных организаций, регламентирующими порядок организации питания в школах.

Список литературы

1. Попова А. Ю., Шевкун И. Г., Яновская Г. В., Новикова И. И. Гигиеническая оценка организации питания школьников в общеобразовательных организациях Российской Федерации // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. 2022. № 2. С. 7–12. DOI: 10.35627/2219-5238/2022-30-2-7-12
2. Онищенко Г. Г. Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия детского населения России // Гигиена и санитария. 2008. № 2. С. 72–78. EDN: TIWYDN
3. Кореневская Е. И., Рогаческая Л. Г. Гигиенические вопросы строительства школьных зданий. Москва: Медицина, 1974. 223 с.
4. Гуткин А. Я. Гигиена детей и подростков как основа удлинения средней продолжительности жизни населения // Гигиена и санитария. 1963. С. 76–80.
5. Егорова Н. А., Кочеткова М. Г., Савостикова О. Н. Паспортизация как эффективный элемент информационно-аналитической системы социально-гигиенического мониторинга (обзор литературы, часть 1) // Гигиена и санитария, 2024. Т. 103. № 10. С. 1212–1217. DOI: 10.47470/0016-9900-2024-103-10-1212-1217. EDN: XMVWRA
6. Кучма В. Р., Горелова Ж. Ю. Международный опыт организации школьного питания // Вопросы современной педиатрии. 2008. Т. 7. № 2. С. 14–22. EDN: JSIYXH
7. School break and lunch times and young people's social lives: A follow-up national study Final report Ed Baines and Peter Blatchford Department of Psychology and Human Development UCL Institute of Education May 2019 Research funded by the Nuffield Foundation. Pp. 5–6.
8. Persad V.L., Van den Hof M.C., Dube J.M., Zimmer P Incidence of open neural tube defects in Nova Scotia after folic acid fortification // Canadian Med Assoc J. 2002. Vol. 167. № 3. Pp. 241–245.
9. Mannar M.G., Sankar R. Micronutrient fortification of foods-rationale, application and impact // Indian J. Pediatr. 2004. Vol. 71. № 11. Pp. 997–1002.
10. Инь Сюецзяо. Китайская сельская малокомплектная школа и ее опыт развития // Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование. 2018. №4. С. 31–36. DOI: 10.51314/2073-2635-2018-4-31-42. EDN: YQVDUD
11. Бокова О. А., Волохов С. П., Шамарина Е. В. Актуальные направления развития малокомплектной сельской школы в современном образовательном пространстве // Мир науки, культуры, образования. 2016. № 3(58). С. 174–177. EDN: WZXEDH
12. Васюкова А. Т., Кривошонок К. В. Гигиенические аспекты организации питания населения, проживающего в арктической зоне Российской Федерации республики Саха (Якутия) (обзор литературы) // Прогрессивные технологии в индустрии питания: сб. науч. тр. молодых ученых и специалистов. Ответственный редактор И. У. Кусова. Москва, 2023. С. 140–150. EDN: RHSDCG
13. Development of food products enriched with a complex of dietary supplements for Children / A.T. Vasyukova, K.V. Krivoshonok, A.I. Akchurina [et al.]. International Conference "Process Management and Scientific Developments" Birmingham, United Kingdom (Novotel Birmingham Centre, January 12, 2022). С. 192–199. EDN: OERMRR
14. Моделирование системы оценки «индекса несъедаемости» в школьной столовой на примере рыбных блюд / А. Т. Васюкова, К. В. Кривошонок, М. Д. Веденяпина, В. В. Кузнецов // Рыбное хозяйство. 2022. №2. С. 88–100. DOI: 10.37663/0131-6184-2022-2-88-100. EDN: PPQVVR
15. Научное обоснование и разработка двухнедельного суточного рациона питания московских школьников / Кучма В. Р., Горелова Ж. Ю., Углов С. Ю., Ануфриева Т. А. // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2015. № 4. С. 46-47. EDN: VJKTV

References

1. Popova A.Yu., Shevkun I.G., Yanovskaya G.V., Novikova I.I. Hygienic Assessment of Organizing School Nutrition in the Russian Federation. *Public Health and Life Environment – PH&LE*. 2022;(2):7–12. (In Russ.). <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-2-7-12>
2. Onishchenko G.G. Provision of Russia's pediatric population with sanitary-and-epidemiological well-being. *Hygiene & Sanitation*. 2008;(2):72–78. (In Russ.). EDN: TIWYDN
3. Korenevskaya E.I., Rogacheskaya L.G. *Gigiyenicheskiye voprosy stroitel'stva shkol'nykh zdaniy* [Hygienic issues of construction of school buildings]. Moscow: Meditsina, 1974. 223 p. (In Russ.)
4. Gutkin A.Ya. Hygiene of children and adolescents as a basis for extending the average life expectancy of the population. *Hygiene and Sanitation*. 1963. Pp. 76–80. (In Russ.)

5. Egorova N.A., Kochetkova M.G., Savostikova O.N. Certification as an effective element of the information and analytical system of social and hygienic monitoring (literature review, part 1). *Hygiene & Sanitation*. 2024;103(10):1212–1217. (In Russ.). DOI: 10.47470/0016-9900-2024-103-10-1212-1217. EDN: XMVWRA
6. Kuchma V.R., Gorelova Zh.Yu. International experience of organizing school nutrition. *Current Pediatrics*. 2008;7(2):14–22. (In Russ.). EDN: JSIYXH
7. School break and lunch times and young people's social lives: A follow-up national study Final report Ed Baines and Peter Blatchford Department of Psychology and Human Development UCL Institute of Education May 2019 Research funded by the Nuffield Foundation. Pp. 5–6.
8. Persad V.L., Van den Hof M.C., Dube J.M., Zimmer P Incidence of open neural tube defects in Nova Scotia after folic acid fortification. *Canadian Med Assoc J*. 2002;167(3):241–245.
9. Mannar M.G., Sankar R. Micronutrient fortification of foods-rationale, application and impact. *Indian J. Pediatr*. 2004;71(11): 997–1002.
10. Yin Xuejiao. Chinese rural incomplete school and experience of its development. *Vestnik Moskovskogo Universiteta – Seriya 20: Pedagogiceskoe Obrazovanie*. 2018;(4):31–36. DOI: 10.51314/2073-2635-2018-4-31-42. (In Russ.). EDN: YQVDUD
11. Bokova O.A., Volohov S.P., Shamarina E.V. Current trends in a village school in the modern educational field. *World of science, culture, education*. 2016;3(58):174–177. (In Russ.). EDN: WZXEDH
12. Vasyukova A.T., Krivoshonok K.V. Hygienic aspects of the organizing nutrition of the population living in the Arctic zone of the Russian Federation, the Republic of Sakha (Yakutia) (literature review). *Progressivnyye tekhnologii v industrii pitaniya: sb. nauch. tr. molodykh uchenykh i spetsialistov. Otvetstvennyy redaktor I.U. Kusova* [Progressive technologies in the food industry: collection of scientific papers of young scientists and specialists. Editor-in-chief I.U. Kusova]. Moscow, 2023. Pp. 140–150. (In Russ.). EDN: RHSDCG
13. Vasyukova A.T., Krivoshonok K.V., Akchurina A.I. [et al.]. Development of food products enriched with a complex of dietary supplements for Children. International Conference "Process Management and Scientific Developments" Birmingham, United Kingdom (Novotel Birmingham Centre, January 12, 2022). C. 192–199. EDN: OERMRR
14. Vasyukova A.T. Krivoshonok K.V., Vedenyapina M.D., Kuznetsov V.V. Modeling of the evaluation system of the "inedibility index" in the school cafeteria on the example of fish dishes *Fisheries*. 2022;(2):88–100. (In Russ.). DOI: 10.37663/0131-6184-2022-2-88-100. EDN: PPQVVR
15. Kuchma V.R., Gorelova Zh.Yu., Uglov S.Yu., Anufrieva T.A. Scientific substantiation and development of a two-week daily diet of Moscow students. *Problems of school and university medicine and health*. 2015;(4):46–47. (In Russ.). EDN: VJJKTV

Сведения об авторе

Кривошонов Константин Викторович – аспирант кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ); врач по гигиене питания, врач-методист организационно методического отделения, Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиенического образования населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, SPIN-код: 8035-5771

Information about the author

Konstantin V. Krivoshonok – Postgraduate student of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Russian Biotechnology University; Nutritionist, doctor of the organizational and methodological department; doctor methodologist of the organizational and methodological department, Center for Hygienic Education of the Population of Rospotrebnadzor, SPIN-code: 8035-5771

Статья поступила в редакцию 18.11.2024;
одобрена после рецензирования 05.12.2024;
принята к публикации 12.12.2024.

The article was submitted 18.11.2024;
approved after reviewing 05.12.2024;
accepted for publication 12.12.2024.

Научная статья
УДК 637.5.04/.07
doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-136-145

Исследование аминокислотного и жирнокислотного состава конины сухого и влажного созревания

Талгат Амангалиевич Мухамедов^{✉1}, Сауле Мараловна Мухамедова²,
Амина Сергеевна Джабоева³

¹Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтурсынова, улица Байтурсынова, 47, Костанай, Республика Казахстан, 110000

²Филиал Национального центра повышения квалификации «Орлеу» Институт профессионального развития по Костанайской области, улица Пролетарская, 86, Костанай, Республика Казахстан, 110000

³Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1 в, Нальчик, Российская Федерация, 360000

^{✉1}chelto@bmail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-8441-6691>

²sau8484@bmail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-9492-3898>

³tprop_kbr@bmail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

Аннотация. Использование технологии сухого и влажного созревания конины требует сравнительной оценки их аминокислотного и жирнокислотного состава. В статье представлены результаты исследований по сухому и влажному созреванию конины продолжительностью 14 и 21 сутки. Приведены сравнительные показатели конины по белковому компоненту, индексу атерогенности и тромбогенности, йодному числу в зависимости от метода и продолжительности созревания. В качестве объекта исследования были использованы образцы конины сухого и влажного созревания продолжительностью 14, 21 сутки, полученные из длиннейшей мышцы (Longissimus Dorsi) спинно-поясничного отруба конины. Содержание незаменимых и заменимых аминокислот в конине сухого созревания продолжительностью 14 и 21 сутки выше по сравнению с содержанием в конине влажного созревания. В конине сухого и влажного созревания аминокислоты со сладким и вкусом умами уступают аминокислотам с пикантным вкусом. В конине сухого и влажного созревания наблюдаются более высокие значения содержания насыщенных жирных кислот, чем мононенасыщенных кислот. Созревание конины влияет на жирнокислотный состав и повышает устойчивость липидов к окислению.

Ключевые слова: мясо, конина, сухое созревание, влажное созревание, аминокислотный и жирнокислотный состав, биологическая ценность

Для цитирования. Мухамедов Т. А., Мухамедова С. М., Джабоева А. С. Исследование аминокислотного и жирнокислотного состава конины сухого и влажного созревания // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 136–145. doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-136-145

Original article

Investigation of Amino Acid and Fatty Acid Composition of Horse Meat of Dry and Wet Maturation

Talgat A. Mukhamedov^{✉1}, Saule M. Mukhamedova², Amina S. Dzhaboeva³

¹ Kostanay Regional University named after Akhmet Baitursynov, 47 Baitursynov Street, Kostanay, Republic of Kazakhstan, 110000

²Branch of the National Center for Advanced Studies "Orleu" Institute of Professional Development in Kostanay region, 86 Proletarskaya Street, Kostanay, Republic of Kazakhstan, 110000

³Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russian Federation, 360000

© Мухамедов Т. А., Мухамедова С. М., Джабоева А. С., 2024

✉¹cheltob@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-8441-6691>

²sau8484@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-9492-3898>

³tpop_kbr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2791-311X>

Abstract. The use of dry and wet maturation technology of horse meat requires a comparative assessment of their amino acid and fatty acid composition. The article presents the results of studies on dry and wet maturation of horse meat for 14 and 21 days. Comparative indicators of horse meat for the protein component, atherogenicity and thrombogenicity index, iodine number are given depending on the method and duration of maturation. Samples of dry and wet maturation of horse meat for 14 and 21 days, obtained from the longissimus dorsi muscle of the dorsal-lumbar cut of horse meat, were used as the object of the study. The content of essential and replaceable amino acids in dry-maturation horse meat for 14 and 21 days is higher compared to wet-maturation horse meat. In dry and wet-maturation horse meat, amino acids with sweet and umami taste are inferior to amino acids with a piquant taste. Dry and wet-aged horse meat have higher saturated fatty acid content than monounsaturated fatty acids. Horse meat maturation affects the fatty acid composition and increases the resistance of lipids to oxidation.

Keywords: meat, horse meat, dry maturation, wet maturation, amino acid and fatty acid composition, biological value

For citation. Mukhamedov T.A., Mukhamedova S.M., Dzhaboeva A.S. Investigation of Amino Acid and Fatty Acid Composition of Horse Meat of Dry and Wet Maturation. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024.4(46). С. 136–145. (In Russ.).
doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-136-145

Введение. Длинная спинная мышца (*musculus longissimus dorsi*) конины характеризуется высокой пищевой и биологической ценностью, что позволяет широко использовать ее в производстве кулинарной продукции. Мышца отличается низким уровнем соединительной ткани, но из-за повышенной склонности к посмертному укорочению и анатомического расположения (около поверхности туши) нежность мяса зависит от скорости охлаждения, а также от массы туши и жира [1].

Характерной особенностью мышечной ткани конины является низкое содержание жира и высокое содержание полноценных белковых веществ, сбалансированных по составу таких незаменимых аминокислот, как лизин, треонин, метионин, изолейцин, лейцин и валин. Количественное содержание аминокислот может варьироваться в зависимости от категории конины и рациона лошади [2].

Аминокислотный состав белков существенно влияет на питательные свойства конины. Наличие всех незаменимых аминокислот в достаточном количестве делает конину высококачественным источником белка, что важно для поддержания мышечной массы и общего состояния здоровья человека. Неза-

менимые аминокислоты, содержащиеся в конине, обладают высокой биодоступностью, они легко усваиваются и имеют решающее значение для различных функций организма, включая восстановление тканей, рост мышц, выработку ферментов и гормонов [3, 4].

Высокий уровень аминокислот с разветвленной цепью, таких как лейцин, изолейцин и валин, способствует синтезу мышечного белка и может быть особенно полезен спортсменам и людям, регулярно занимающимся физическими упражнениями. Метионин – незаменимая аминокислота, содержащаяся в конине – играет важную роль в обмене веществ и процессах детоксикации в организме. Достаточное потребление незаменимых аминокислот может поддерживать иммунную систему, поскольку они необходимы для выработки антител [5].

Важно отметить, что питательная ценность конины определяется не только аминокислотным составом белков, но и жирнокислотным составом липидов, содержанием витаминов, макро- и микроэлементов. На пищевую ценность готовой продукции также оказывает влияние способ тепловой обработки конины [6].

Липидный состав мышечной ткани конины характеризуется высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) [7] и низким содержанием жирных кислот с разветвленной цепью (ЖК), трансжирных кислот и конъюгированных линоленовых кислот (КЛК) [8, 9].

В процессе послеубойного созревания мяса происходят послеубойные превращения нуклеотидов, углеводов, белков и жиров, что приводит к образованию предшественников вкусоароматических веществ. К ним относятся инозиновая кислота, глюкоза, неорганические фосфаты, молочная кислота, свободные аминокислоты, свободные жирные кислоты, аммиак, электролиты и другие [9, 10].

Целью исследования являлась сравнительная оценка аминокислотного и жирнокислотного состава конины сухого и влажного созревания

Материалы, методы и объекты исследования. В качестве объекта исследования были использованы образцы конины сухого и влажного созревания продолжительностью 14, 21 сутки, полученные из длиннейшей мышцы (Longissimus Dorsi) спинно-поясничного отруба конины.

Для сухого созревания конины использован шкаф сухого созревания «dry-aging» Samaref (SAMAREFDE 700 RFPVBK, Samaref, Италия). При температуре на уровне $2,5 \pm 1^\circ\text{C}$, относительной влажности воздуха 60-75% и воздушном потоке 0,5-2,5 м/с. Для поглощения лишней влаги и стерилизации воздуха в шкаф сухого созревания закладывалась гималайская соль [11].

Для влажного созревания конины применялись вакуумные пакеты типа полиамид с полиэтиленом (РА/РЕ), толщиной 120 мкм, упакованные в аппарате Turbovac (Turbovac ST-320, Turbovac, Нидерланды). Далее конину влажного созревания в вакуумных пакетах помещали в камеру охлажденной продукции Polair (Polair CC214-S, Polair, Россия), поддерживая температуру на уровне $2 \pm 1^\circ\text{C}$, относительную влажность не более 90%, поток воздуха 0,2-7,0 м/с [12].

Разделение и количественное определение аминокислотного состава конины осуществляли с применением метода капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель 105М»

при длине волны 254 нм спектра детектирования УФ-области. Белковый компонент конины – расчетным методом на основании результатов определения аминокислотного состава [13, 14].

Жирнокислотный состав конины определяли методом газовой хроматографии с использованием хроматографа «Кристалл Люкс 4000М», разделяя компоненты между неподвижной фазой и подвижной фазой – газом-носителем с последующей регистрацией аналитического сигнала от компонента с помощью детектора. Индекс атерогенности и индекс тромбогенности определяли расчетным методом [15]. Йодное число внутримышечной жировой ткани – расчетным методом на основании результатов определения жирнокислотного состава [16].

Математическую обработку результатов исследований, выполненных с 3-5-кратной повторностью, а также расчет корреляционных зависимостей осуществляли общепринятым параметрическим методом (t-критерий Стьюдента) с применением программы «Statistica 10.0».

Результаты исследования. Содержание незаменимых аминокислот в конине сухого и влажного созревания представлено в таблице 1.

Данные таблицы 1 показывают, как содержание незаменимых аминокислот в конине по сравнению с эталоном меняется в зависимости от продолжительности и способа созревания. Содержание незаменимых аминокислот в конине сухого и влажного созревания разной продолжительности подвержено колебаниям (в мг/100 г): валина 4,7-6,0; изолейцина 5,5-6,8; лейцина 13,6-14,1; лизина 15,1-15,7; метионина 2,7-3,3; треонина 16,7-19,8; триптофана 1,4-1,9; фенилаланина 4,3-4,9.

Общее количество незаменимых аминокислот в конине сухого и влажного созревания продолжительностью 14 и 21 день уменьшается по сравнению с контрольным образцом на 7,2 и 17,2% и на 11,9 и 15,5% соответственно. Конина сухого созревания продолжительностью 14 и 21 сутки характеризуется более высокой биологической ценностью по сравнению с кониной влажного созревания сопоставимой продолжительности.

В таблице 2 приведены результаты, полученные при исследовании содержания заменимых аминокислот в конине сухого и влажного созревания.

Таблица 1. Содержание незаменимых аминокислот в конине сухого и влажного созревания
Table 1. The content of essential amino acids in dry and wet matured horsemeat

Незаменимые аминокислоты	Содержание, мг / 100 г										
	FAO/WHO 1985 г. (эталон)	К,1	АСК (%) К,1	С,14	АСК (%) С,14	В,14	АСК (%) В,14	С, 21	АСК (%) С, 21	В, 21	АСК (%) В, 21
Валин	5,11	6,80	133,07	5,80	113,51	4,70	92,01	6,00	117,41	5,30	103,72
Изолейцин	4,10	7,10	173,17	6,80	165,85	5,50	134,15	6,00	146,34	5,50	134,15
Лейцин	7,66	14,70	191,97	14,10	184,11	13,60	177,84	14,00	182,77	13,80	180,16
Лизин	8,12	16,40	202,96	15,70	193,34	15,10	186,08	15,70	193,34	15,20	187,44
Метионин	3,97	3,80	95,72	3,30	83,12	3,00	75,57	2,80	70,53	2,70	68,01
Треонин	4,43	21,20	478,33	19,80	446,94	16,70	377,65	18,00	406,33	17,50	395,49
Триптофан	1,45	1,60	110,34	1,90	131,03	1,40	96,55	1,60	110,34	1,50	103,45
Фенилаланин	7,92	6,30	79,55	4,90	61,87	4,50	56,82	4,50	56,82	4,30	54,30
Сумма НАК	42,76	77,90	–	72,30	–	64,50	–	68,60	–	65,80	–

Примечание: К,1 – контроль, 1 сутки; С,14 – сухое созревание, 14 суток; В,14 – влажное созревание, 14 суток; С,21 – сухое созревание, 21 сутки; В,21 – влажное созревание, 21 сутки.

Таблица 2. Содержание заменимых аминокислот в конине сухого и влажного созревания
Table 2. The content of interchangeable amino acids in dry and wet matured horsemeat

Заменимые аминокислоты	Содержание, мг / 100 г				
	К,1	С,14	В,14	С,21	В,21
Аланин	44,4	40,6	41,1	41,0	41,5
Аргинин	246,2	225,7	212,0	222,7	220,3
Аспарагиновая кислота	34,2	29,5	24,5	23,6	25,3
Гистидин	26,5	22,4	21,3	18,7	17,7
Глицин	13,8	14,1	12,1	13,4	12,7
Глутаминовая кислота	23,1	20,0	18,4	20,0	16,2
Серин	18,0	14,6	15,3	11,1	11,6
Тирозин	5,6	4,9	4,5	4,8	4,7
Сумма	411,8	371,8	349,2	355,3	350

Анализ данных таблицы 2 свидетельствует, что содержание заменимых аминокислот независимо от способа и периода созревания конины уменьшается по сравнению с контролем. Белки конины отличаются высоким содержанием аргинина. В конине сухого созревания 14 суток сумма заменимых аминокислот больше, чем в конине влажного созревания на 4,4%.

В образцах, полученных путем влажного созревания конины в течение 21 суток, по сравнению с пробами конины влажного со-

зревания, осуществляемого в течение 14 суток, массовая доля аргинина, аспарагиновой кислоты и глицина увеличивается на 3,9; 3,3 и 5,0%, а гистидина, глутаминовой кислоты и серина снижается на 16,9; 12,0 и 24,2% соответственно. Относительно значительных показателей опытного образца, полученного через 14 суток сухого созревания, в конине сухого созревания через 21 сутки происходит уменьшение содержания гистидина, глицина и серина на 16,5; 5,0 и 24,0% соответственно.

По содержанию аланина и тирозина в конине сухого и влажного созревания существенных различий не наблюдалось.

Качество белкового компонента конины сухого и влажного созревания представлено в таблице 3.

Таблица 3. Белковый компонент конины сухого и влажного созревания
Table 3. The protein component of horse meat of dry and wet maturation

Показатели белкового компонента	Содержание, мг /100 г				
	К,1	С,14	В,14	С,21	В,21
Общая сумма заменимых и незаменимых аминокислот	454,6	449,7	421,5	419,8	418,6
Аминокислотный скор фенилаланина, %	79,55	61,87	56,82	56,82	54,30
Коэффициент разбалансированности аминокислотного состава (КРАС)	1,45	1,34	1,08	1,20	1,15
Биологическая ценность исследуемого белка	0,41	0,43	0,48	0,46	0,47
Коэффициент утилитарности аминокислот (метионин + цистин)	95,71	83,12	75,57	70,53	68,01
Показатель сопоставимой избыточности	6,64	5,8	3,96	4,84	4,26

Общая сумма заменимых и незаменимых аминокислот в белках конины сухого и влажного созревания уступает контрольной пробе. Выявлено, что при сухом созревании конины потери аминокислот меньше, чем при влажном созревании. Сумма незаменимых и заменимых аминокислот в конине сухого созревания продолжительностью 21 сутки ниже на 6,3% по сравнению с пробой сухого созревания продолжительностью 14 суток и незначительно выше (на 0,7%) в пробе конины влажного созревания продолжительностью 14 суток по сравнению с аналогичным образцом продолжительностью созревания 21 сутки.

Установлено наличие в белке конины сухого и влажного созревания лимитирующей аминокислоты фенилаланина.

Коэффициент утилитарности суммы аминокислот метионина и цистина конины сухого созревания выше, чем конины влажного созревания. Показатель сопоставимой избыточности имел аналогичную тенденцию.

Таким образом, конина сухого созревания по сравнению с кониной влажного созревания отличается более высокой биологической ценностью.

Известно, что аминокислоты являются важными предшественниками вкусо- и ароматобразующих веществ мяса [17, 18]. Глицин, аланин, треонин, серин обуславливают сладкий вкус; аспарагиновая и глутаминовая кислоты – вкус умами; метионин, лизин, изо-

лейцин, лейцин, фенилаланин, тирозин, валин, гистидин, аргинин и цистин – пикантный вкус. Данные о содержании аминокислот, формирующих вкус конины сухого и влажного созревания, приведены в таблице 4.

Содержание аминокислот, участвующих в образовании вкуса конины, по степени возрастания располагаются в следующем ряду: со вкусом умами < со сладким вкусом < с пикантным вкусом. В конине сухого и влажного созревания массовая доля аминокислот меньше, чем в контрольном образце. В пробах конины сухого созревания общая сумма аминокислот с пикантным, сладким вкусом и со вкусом умами больше по сравнению с содержанием их в конине влажного созревания.

Так как имеющиеся в литературе сведения о жирнокислотном составе конины различных способов созревания носят фрагментарный характер, нами были проведены исследования жирнокислотного состава конины сухого и влажного созревания продолжительностью 14 и 21 день.

Выявлено, что в составе жирных кислот конины сухого и влажного созревания насыщенных кислот больше, чем мононенасыщенных. В конине сухого и влажного созревания продолжительностью 21 сутки наблюдалось увеличение доли моно- и полиненасыщенных жирных кислот (МНЖК, ПНЖК) и снижение доли насыщенных (НЖК).

Анализ результатов исследования жирнокислотного состава конины сухого созре-

ния показал снижение содержания МНЖК и повышение НЖК, ПНЖК относительно контроля. Соотношение МНЖК/НЖК в жире конины сроком сухого созревания 21 сутки по

сравнению с пробой продолжительностью созревания 14 суток увеличивалось в 6,5 раза, а конины влажного созревания уменьшалось в 3,6 раза соответственно.

Таблица 4. Содержание аминокислот, формирующих вкус конины сухого и влажного созревания
Table 4. Amino acids that form the taste of horse meat of dry and wet maturation

Аминокислоты		Содержание, мг /100 г				
		К,1	С,14	В,14	С,21	В,21
С пикантным вкусом						
НАК	Валин	6,8	5,8	4,7	6,0	5,3
	Изолейцин	7,1	6,8	5,5	6,0	5,5
	Лейцин	14,7	14,1	13,6	14,0	13,8
	Лизин	16,4	15,7	15,1	15,7	15,2
	Метионин	3,8	3,3	3,0	2,8	2,7
	Фенилаланин	6,3	4,9	4,5	4,5	4,3
ЗАК	Аргинин	246,2	225,7	212,0	222,7	220,3
	Гистидин	26,5	22,4	21,3	18,7	17,7
	Тирозин	5,6	4,9	4,5	4,8	4,7
Итого		333,4	303,6	284,2	295,2	289,5
Со сладким вкусом						
НАК	Треонин	21,2	19,8	16,7	18,0	17,5
ЗАК	Аланин	44,4	40,6	41,1	41,0	41,5
	Глицин	13,8	14,1	12,1	13,4	12,7
	Серин	18,0	14,6	15,3	11,1	11,6
Итого		97,4	89,1	85,2	83,5	83,3
Со вкусом умами						
ЗАК	Аспарагиновая кислота	34,2	29,5	24,5	23,6	25,3
	Глутаминовая кислота	23,1	20,0	18,4	20,0	16,2
Итого		57,3	49,5	42,9	43,6	41,5

Примечание: НАК – незаменимые аминокислоты; ЗАК – заменимые аминокислоты.

Установлено, что с увеличением продолжительности сухого и влажного созревания конины значительно снижались индексы атерогенности и тромбогенности. Так, при 21 сутках сухого созревания конины отмечено снижение индекса атерогенности в 44 раза, а тромбогенности – в 8 раз. При влажном созревании конины индексы атерогенности и тромбогенности при 21 сутках снизились до показателя 0.

Ненасыщенность жира характеризует йодное число. Значения йодных чисел МНЖК и ПНЖК конины сухого и влажного созревания приведены в таблицах 6 и 7.

Как следует из данных таблицы 6, конина сухого созревания по значению йодного числа в МНЖК уступает конине влажного созревания продолжительностью 14 и 21 сутки.

Представленные в таблице 7 результаты исследования позволяют констатировать повышение значения йодного числа ПНЖК конины сухого созревания продолжительностью 14 и 21 сутки. Значение йодного числа ПНЖК конины влажного созревания повышалось при созревании до 14 суток и снижалось при продолжительности 21 сутки.

Полученные данные продемонстрировали, что созревание конины способствует повышению устойчивости липидов к окислению.

Таблица 6. Значения йодных чисел мононенасыщенных жирных кислот конины сухого и влажного созревания
Table 6. Values of iodine numbers of monounsaturated fatty acids of dry and wet matured horse meat

МНЖК	Йодное число					Сумма ЙЧ
	К,1	С,14	В,14	С, 21	В, 21	
Миристолеиновая (С14:1)	0,00918	0,00027	0,01566	0	0	0,33372
Пентадеценовая (С15:1)	0	0	0,00387	0	0	
Пальмитолеиновая (С 16:1)	0,04734	0	0,15561	0,0027	0	
Олеиновая (С18:1 n9с)	0,01143	0,00018	0	0	0,00099	
Элаидиновая (С18:1 n9t)	0,07272	0	0	0	0,01026	
Эруковая (С22:1 n9)	0,00009	0	0	0,00009	0	
Нервоновая (С24:1 n9)	0,00333	0	0	0	0	
Итого	0,14409	0,00045	0,17514	0,00279	0,01125	

Таблица 7. Значения йодных чисел полиненасыщенных жирных кислот конины сухого и влажного созревания
Table 7. Values of iodine numbers of polyunsaturated fatty acids of horse meat of dry and wet maturation

ПНЖК	Йодное число					Сумма ЙЧ
	К,1	С,14	В,14	С, 21	В, 21	
Линолевая (С18:2 n6)	0	0	0,046698	0	0	1,044791
γ-Линоленовая (С18:3n6)	0	0,053235	0,568932	0,226317	0	
Эйкозатриеновая (С20:3 n6)	0,000546	0	0	0	0	
Арахидоновая (С20:4n6)	0,001089	0,001089	0	0,026136	0,001452	
Эйкозапентаеновая (С20:5n3)	0,117459	0	0	0	0,000842	
Докозадиеновая (С22:2)	0	0,000546	0	0	0	
Нервоновая (С24:1 n9)	0,00027	0	0	0	0,00018	
Итого	0,119364	0,05487	0,61563	0,252453	0,002474	

Выводы. На основании проведенных исследований можно заключить, что содержание незаменимых и заменимых аминокислот в конине сухого созревания продолжительностью 14 и 21 сутки выше по сравнению с кониной влажного созревания аналогичной продолжительности, что свидетельствует о более высокой биологической ценности конины сухого созревания.

Установлено, что на формирование вкуса конины сухого и влажного созревания наибольшее влияние оказывает наличие в ней таких аминокислот, как метионин, лизин, изолейцин, лейцин, фенилаланин, тирозин, валин, гистидин, аргинин и цистин.

Увеличение продолжительности сухого и влажного созревания конины до 21 суток приводит к повышению содержания моно- и

полиненасыщенных жирных кислот и снижению доли насыщенных жирных кислот.

Продолжительность сухого и влажного созревания способствует снижению индексов атерогенности и тромбогенности конины,

уменьшая вероятность развития артрозов и тромбов в организме человека.

Созревание конины повышает устойчивость липидов к окислению.

Список литературы

1. Litwińczuk A., Florek M., Skąlecki P. and Litwińczuk Z. Chemical composition and physicochemical properties of horse meat from the Longissimus lumborum and semitendinosus muscle. *Journal of Muscle Foods*. 2008;(19):223–236. DOI: 10.1111/j.1745-4573.2008.00117.x
2. Seong P.N., Kang G.H., Cho S.H., Park B.Y., Park N.G., Kim J.H., Ba H.V. Comparative study of nutritional composition and color traits of meats obtained from the horses and Korean native black pigs raised in Jeju Island. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2019;32(2):249–256. DOI: 10.5713/ajas.18.0159.
3. Gao H. Amino Acids in Reproductive Nutrition and Health // *AdvExp Med Biol*. 2020;1265:111–131. DOI: 10.1007/978-3-030-45328-2_7.
4. Kim D.S., Joo N. Texture Characteristics of Horse Meat for the Elderly Based on the Enzyme Treatment. *Food Sci Anim Resour*. 2020;40(1):74–86. DOI: 10.5851/kosfa.2019.86.
5. Marino R della Malva A., Maggiolino A., De Palo P., d'Angelo F., Lorenzo J. M., Sevi A., Albenzio M. Nutritional Profile of Donkey and Horse Meat: Effect of Muscle and Aging Time. *Animals*. 2022;12(6):746. DOI: 10.3390/ani12060746
6. Seong P.N., Park K.M., Kang G.H., Cho S.H., Park B.Y., Chae H.S., Van Ba H. The Differences in Chemical Composition, Physical Quality Traits and Nutritional Values of Horse Meat as Affected by Various Retail Cut Types. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2016;29(1):89–99. DOI: 10.5713/ajas.15.0049.
7. Clauss M., Grum C., Hatt J. Polyunsaturated fatty acid content in adipose tissue in foregut and hindgut fermenting mammalian herbivores: A literature survey. *Mamm. Biol*. 2009; 74(2):153–158. DOI: 10.1016/j.mambio.2008.04.004.
8. McKain N., Shingfield K.J., Wallace R.J. Metabolism of Conjugated Linoleic Acids and 18:1 fatty acids by ruminal bacteria: Products and mechanism. *Microbiology*. 2010;156(2):579–588. DOI: 10.1099/mic.0.036442-0.
9. Stanisławczyk R. Changes of sensory properties of horse meat during cold and frozen storage. *Wiadomości Zootechniczne*. 2018;LVI(1):34–41.
10. Stanisławczyk R., Żurek J., Rudy M., Gil M. Influence of Horse Age on Carcass Tissue Composition and Horsemeat Quality: Exploring Nutritional and Health Benefits for Gourmets. *Appl. Sci*. 2023;13(20):11293. DOI: 10.3390/app132011293
11. Пат. 9698 Республика Казахстан, МКП А23L 13/00 (2006.01), А23L 13/70 (2016.01). Способ сухого созревания конины и приготовление стейка на его основе / Т. А. Мухамедов, А. А. Мухамедов, А. А. Мухамедов, С. М. Мухамедова; заявитель и патентообладатель А. А. Мухамедов. № 2024/0913.2; опубл. 18.10.24, Бюл. № 42.
12. Пат. 9780 Республика Казахстан, МКП А23L 13/00 (2006.01). Способ влажного созревания конины / Т. А. Мухамедов, А. А. Мухамедов, А. А. Мухамедов, С. М. Мухамедова; заявитель и патентообладатель А. А. Мухамедов. № 2024/0932.2; опубл. 15.11.24. Бюл. № 46.
13. Величко Н. А., Шанина Е. В. Пищевая химия: методические указания к практическим занятиям. Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2011. 36 с.
14. Донскова Л. А., Барабанова А. В. Идеология сохранения белкового компонента при разработке комбинированных мясных продуктов // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2013. Т. 19. № 2. С. 3–8. EDN: RBVUPP
15. Атерогенность как фактор прогнозирования функциональной направленности пищевых продуктов / Л. В. Пешук, И. Г. Радзиевская, О. П. Мельник, Е. И. Шеманская // *Наука о продуктах питания, инженерия и технологии: сборник научных трудов*. Пловдив: НУПТ, 2013. Вып. 60. С. 17–21.
16. Метод расчета йодного числа для оценки качества шпика / К. И. Спиридонов [и др.] // *Мясная индустрия*. 2016. № 4. С. 48–52. EDN: VZYOFF
17. Dragoev Stefan [et al.]. Peculiarities of the horse meat aging. *Journal of Agriculture and Plant Sciences*. 2018;16(1):55–64.
18. Khan Muhammad Issa [et al.]. Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors-A systematic review. *Meat Science*. 2015;110(3):278–284. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.08.002

References

1. Litwińczuk A., Florek M., Skąłeczki P. and Litwińczuk Z. Chemical composition and physicochemical properties of horse meat from the Longissimus lumborum and semitendinosus muscle. *Journal of Muscle Foods*. 2008;(19):223–236. DOI: 10.1111/j.1745-4573.2008.00117.x
2. Seong P.N., Kang G.H., Cho S.H., Park B.Y., Park N.G., Kim J.H., Ba H.V. Comparative study of nutritional composition and color traits of meats obtained from the horses and Korean native black pigs raised in Jeju Island. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2019;32(2):249–256. DOI: 10.5713/ajas.18.0159.
3. Gao H. Amino Acids in Reproductive Nutrition and Health. *AdvExp Med Biol*. 2020;1265:111–131. DOI: 10.1007/978-3-030-45328-2_7.
4. Kim D.S., Joo N. Texture Characteristics of Horse Meat for the Elderly Based on the Enzyme Treatment. *Food Sci Anim Resour*. 2020;40(1):74–86. DOI: 10.5851/kosfa.2019.86.
5. Marino R della Malva A., Maggiolino A., De Palo P., d'Angelo F., Lorenzo J. M., Sevi A., Albenzio M. Nutritional Profile of Donkey and Horse Meat: Effect of Muscle and Aging Time. *Animals*. 2022;12(6):746. DOI: 10.3390/ani12060746
6. Seong P. N., Park K. M., Kang G. H., Cho S. H., Park B. Y., Chae H. S., Van Ba H. The Differences in Chemical Composition, Physical Quality Traits and Nutritional Values of Horse Meat as Affected by Various Retail Cut Types. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2016;29(1):89–99. DOI: 10.5713/ajas.15.0049.
7. Clauss M., Grum C., Hatt J. Polyunsaturated fatty acid content in adipose tissue in foregut and hindgut fermenting mammalian herbivores: A literature survey. *Mamm. Biol*. 2009;74(2):153–158. DOI: 10.1016/j.mambio.2008.04.004.
8. McKain N., Shingfield K.J., Wallace R.J. Metabolism of Conjugated Linoleic Acids and 18:1 fatty acids by ruminal bacteria: Products and mechanism. *Microbiology*. 2010;156(2):579–588. DOI: 10.1099/mic.0.036442-0.
9. Stanisławczyk R. Changes of sensory properties of horse meat during cold and frozen storage. *Wiadomości Zootechniczne*. 2018;LVI(1):34–41.
10. Stanisławczyk R., Żurek J., Rudy M., Gil M. Influence of Horse Age on Carcass Tissue Composition and Horsemeat Quality: Exploring Nutritional and Health Benefits for Gourmets. *Appl. Sci*. 2023;13(20):11293. DOI: 10.3390/app132011293
11. Pat. 9698 Republic of Kazakhstan, MKP A23L 13/00 (2006.01), A23L 13/70 (2016.01). Method of dry maturation of horse meat and cooking steak based on it / T.A. Mukhamedov, A.A. Mukhamedov, A.A. Mukhamedov, S.M. Mukhamedova; applicant and patent holder A.A. Mukhamedov. No. 2024/0913.2; publ. 18.10.24, Bul. No. 42.
12. Pat. 9780 Republic of Kazakhstan, MKP A23L 13/00 (2006.01). Method of wet maturation of horse meat / T.A. Mukhamedov, A.A. Mukhamedov, A.A. Mukhamedov, S.M. Mukhamedova; applicant and patent holder A.A. Mukhamedov. No. 2024/0932.2; publ. 15.11.24, Bul. No. 46.
13. Velichko N.A., Shanina E.V. *Pishchevaya khimiya: metod. ukazaniya k prakt. zanyatiyam* [Food chemistry: method. instructions for practical classes]. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk gos. agrar. un-t, 2011. 36 p. (In Russ.)
14. Donskova L.A., Barabanova A.V. The ideology of the preservation of the protein component in the development of combined meat products. *Technology and the study of merchandise of innovative foodsuffs*. 2013;19(2):3–8. (In Russ.). EDN: RBVUPP
15. Peshuk L.V., Radzievskaya I.G., Melnik O.P., Shemanskaya E.I. Atherogenicity as a factor in predicting functional orientation of food products. *Nauka o produktakh pitaniya, inzheneriya i tekhnologii: sbornik nauchnykh trudov* [Food science, engineering and technology: a collection of scientific papers]. Plovdiv: NUPT, 2013. Issue 60. Pp. 17–21. (In Russ.)
16. Spiridonov K.I. [et al.]. The method of calculating the iodine number for assessing the quality of lardo *Meat industry journal*. 2016;(4):48–52. (In Russ.). EDN: VZYOFF
17. Dragoev Stefan [et al.]. Peculiarities of the horse meat aging. *Journal of Agriculture and Plant Sciences*. 2018;16.1:55–64.
18. Khan Muhammad Issa [et al.]. Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors-A systematic review. *Meat Science*. 2015;110(3):278–284. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.08.002

Сведения об авторах

Мухамедов Талгат Амангалиевич – магистр сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры продовольственной безопасности и биотехнологии, Некоммерческое акционерное общество «Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтурсынова», SPIN-код: 5875-6655

Мухамедова Сауле Мараловна – магистр педагогических наук, главный специалист учебного отдела, Филиал акционерного общества «Национальный центр повышения квалификации «Орлеу» Институт профессионального развития по Костанайской области

Джабоева Амина Сергеевна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии продуктов общественного питания и химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 7958-3942

Information about the authors

Talgat A. Mukhamedov – Master of Agricultural Sciences, Senior Lecturer at the Department of Food Safety and Biotechnology, Kostanay Regional University named after Akhmet Baitursynov, SPIN-code: 5875-6655

Saule M. Mukhamedova – Master of Pedagogical Sciences, Chief Specialist of the Educational Department, Branch of the National Center for Advanced Studies "Orleu" Institute of Professional Development in Kostanay region

Amina S. Dzhaboeva – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technology of Public Catering Products and Chemistry, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 7958-3942

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 15.11.2024;
одобрена после рецензирования 29.11.2024;
принята к публикации 09.12.2024.*

*The article was submitted 15.11.2024;
approved after reviewing 29.11.2024;
accepted for publication 09.12.2024.*

Научная статья

УДК 663.911.1:663.6

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-146-153

Возможность использования натуральных растительных экстрактов в продуктах здорового питания

Ирина Валерьевна Соболев¹, Екатерина Анатольевна Красносельова^{✉2},
Людмила Владимировна Донченко³

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, улица Калинина, 13,
Краснодар, Россия, 350044

¹iv-sobol@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-0641-6261>

^{✉2}ekrasnoselova@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-1554-4740>

³niibiotecn@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-1468-4808>

Аннотация. Недостаточное поступление в организм человека биологически активных веществ, таких как витамины, макро- и микроэлементы, пищевые волокна и другие, приводит к ослаблению защитных функций организма, повышенному восприятию к инфекциям различного рода, особенно в межсезонный период. Использование разнообразных дикорастущих и лекарственных растений для поддержания защитных сил организма применялось с древних времен. В современных условиях использование подобных растений опирается на научные факты, доказывающие их пользу на основе исследований химического состава. Целью исследований было изучение возможности использования натуральных растительных экстрактов дикорастущих растений для разработки напитков здорового питания. Для оценки качества сырья и готовой продукции использовали современные и стандартизированные методы. Для разработки напитков для здорового питания были использованы популярные дикорастущие растения: плоды шиповника, трава чабреца и душицы, цветы липы, ягоды клюквы. Они отличаются богатым поливитаминным составом, что делает их ценным сырьем для разработки и производства напитков для здорового или функционального питания. В их составе определены аскорбиновая кислота, каротиноиды, пищевые волокна. В качестве основы для напитков выбрали яблочный пектиновый экстракт. Пектиновые вещества являются натуральными антиоксидантами, обладают радиопротекторными свойствами, выводят из организма тяжелые металлы. Разработанные напитки отмечены высокими органолептическими показателями, имеют приятный аромат и гармоничный вкус. Содержание функциональных ингредиентов находится в соответствующей стандартам концентрации. Производство данных напитков позволит расширить ассортимент продуктов здорового питания для укрепления здоровья населения.

Ключевые слова: дикорастущие растения, напитки, здоровое питание, пектиновый экстракт, натуральные антиоксиданты, функциональные ингредиенты

Для цитирования. Соболев И. В., Красносельова Е. А., Донченко Л. В. Возможность использования натуральных растительных экстрактов в продуктах здорового питания // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 146–153.

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-146-153

Original article

The Possibility of Using Natural Plant Extracts in Healthy Food Products

Irina V. Sobol¹, Ekaterina A. Krasnoselova^{✉2}, Ludmila V. Donchenko³

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 13 Kalinin Street, Krasnodar, Russia, 350044

¹iv-sobol@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-0641-6261>

^{✉2}ekrasnoselova@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-1554-4740>

³niibiotecn@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-1468-4808>

Abstract. Insufficient intake of biologically active substances such as vitamins, macro- and microelements, dietary fiber, etc. by the human body leads to weakening of the body's defenses and increased susceptibility to various infections, especially in the off-season. The use of various wild and medicinal plants to maintain the body's defenses has been used since ancient times. In modern conditions, the use of such plants is based on scientific facts proving their benefits based on studies of their chemical composition. The purpose of the research was to study the possibility of using natural plant extracts of wild plants to develop healthy drinks. Modern and standardized methods were used to assess the quality of raw materials and finished products. Popular wild plants were used to develop healthy drinks: rose hips, thyme and oregano, linden flowers, cranberries. They are distinguished by their rich multivitamin composition, which makes them valuable raw materials for the development and production of healthy or functional food drinks. They contain ascorbic acid, carotenoids, and dietary fiber. Apple pectin extract was chosen as the basis for the drinks. Pectin substances are natural antitoxin, have radioprotective properties, and remove heavy metals from the body. The developed drinks have high organoleptic properties, a pleasant aroma, and a harmonious taste. The content of functional ingredients is in the concentration that meets the standards. The production of these drinks will expand the range of healthy food products to improve public health.

Keywords: wild plants, drinks, healthy food, pectin extract, natural antioxidants, functional ingredients

For citation. Sobol I.V., Krasnoselova E.A., Donchenko L.V. The Possibility of Using Natural Plant Extracts in Healthy Food Products. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):146–153. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-146-153

Введение. В нормах питания, рекомендованных Институтом питания РАМН, подчеркивается, что в идеале две трети пищевого рациона человека должен составлять растительный компонент. И этому имеется четкое физиологическое обоснование. Вся система пищеварения, весь желудочно-кишечный тракт предназначены для обработки значительных количеств грубой, в том числе и волокнистой пищи. Однако в рационе современного человека растительная пища чаще всего занимает довольно незначительное место, явно ощущается преобладание мясной, жирной. Если при этом учесть еще и весьма интенсивную и глубокую кулинарную обработку пищи, то получается, что наш желудочно-кишечный тракт работает с явной недогрузкой. Это является одной из ведущих причин широкой распространенности заболеваний пищеварительной системы в наше время. Многие исследования подтверждают это. Таким образом, важнейшая оздоровительная задача – восстановить естественный для человека характер питания, где растительный компонент должен оставаться основным [1–5].

В России издавна известны и популярны растения, содержащие в своем составе натуральные иммуномодуляторы – вещества, поддерживающие и укрепляющие иммунную систему человека. Укреплять иммунитет особен-

но важно зимой и в межсезонье. Существуют травы, поднимающие иммунитет бережно и эффективно. Используя их, можно не только укрепить иммунитет, но и очистить организм от шлаков и токсинов, укрепить нервную и сердечнососудистую систему [6–11].

Травы дикоросы и культурные растения издавна применялись для повышения жизненной силы человека. В дальнейшем фармацевтика активно использовала накопленные человечеством знания для создания лекарств на основе трав. Первые фармацевты создавали свои лекарства именно на основе природных компонентов, изучая их целебные свойства и химический состав [12, 13].

В России для повышения иммунитета применяли: чабрец, душицу, иван-чай, листья малины и ягоды брусники, боярышника и шиповника, липовый цвет. Травы воздействуют на организм на клеточном уровне, стимулируют процессы обмена веществ, восстанавливают силу и здоровье каждой клетки [14–16].

Таким образом, **целью представленных исследований** было изучение возможности использования натуральных растительных экстрактов дикорастущих растений для разработки напитков здорового питания, которые могут быть рекомендованы для повышения иммунитета организма человека в осенне-зимний период.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектами исследования были выбраны: плоды шиповника, трава чабреца и душицы, цветы липы, ягоды клюквы, яблочный пектиновый экстракт.

Изучение основных показателей качества сырья и готовой продукции проводилось современными стандартизированными методами: содержание сухих веществ (ГОСТ 28562-90), кислотность (ГОСТ ISO 750-2013), содержание каротиноидов (ГОСТ Р 54058-2010), содержание пектина кальций-пектатным методом [17], витамин С (ГОСТ 24556-89), содержание сахаров и комплексообразующая способность [17]. Оценивали также внешний вид готовых напитков – по ГОСТ 8756.1-2017.

Все исследования проводили в лабораториях факультета пищевых производств и биотехнологий Кубанского ГАУ.

Обработка экспериментальных данных проводилась согласно стандартным методикам обработки данных математически статистическими методами. Все эксперименты проводили в трех параллелях. Завершенным результатом исследований является среднее арифметическое результатов трех одинаковых определений, разница между ними не должна превышать 0,2% ($p=0,95$). Абсолютная погрешность метода – 0,2%.

Результаты исследования. Из плодов шиповника, чабреца, липы и душицы готовили настои и отвары по рекомендованным стандартизированным методикам, из плодов клюквы получали пюре, пектиновый экстракт получали из сушеных яблочных выжимок. В полученных продуктах определяли наиболее важные показатели качества. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты исследования настоев, отвара и пюре
Table 1. The results of physico-chemical studies of infusions, decoctions and purees

Показатель	Чабрец (настой)	Липа (настой)	Шиповник (отвар)	Душица (настой)	Клюква (пюре)
МД* сухих веществ, %	3,80±0,1	3,40±0,1	8,10±0,2	4,50±0,1	13,30±0,3
МД титруемых кислот, %	1,55±0,2	2,16±0,2	4,32±0,3	0,82±0,1	3,10±0,3
МД сахаров, %	3,60±0,4	4,40±0,3	12,71±0,3	3,60±0,2	2,30±0,2
МД пектиновых веществ, %	1,42±0,4	1,87±0,4	2,45±0,3	1,61±0,3	2,25±0,2
МД аскорбиновой кислоты, мг %	15,30±0,5	10,10±0,5	165,22±2,4	97,11±1,2	28,50±1,5
МД каротиноидов, мг %	14,72±1,1	9,83±0,7	3,15±0,4	4,77±0,5	2,24±0,5

МД* – массовая доля.

Результаты исследования показывают наиболее высокое содержание аскорбиновой кислоты в настое душицы и отваре из плодов шиповника – 97,11 и 165,22 мг %, соответственно. Значительно меньшее количество аскорбиновой кислоты наблюдается в пюре из клюквы – 28,5 мг %. Настои из чабреца, цветов липы и душицы отмечены высокими показателями содержания каротиноидов – 14,72 мг%, 9,83 мг% и 4,77 мг% соответственно. Важно отметить, что все исследуемые настои, отвары и пюре отличаются достаточно высоким содержанием (более 1%) пектиновых веществ, при этом наибольшими значениями характеризуются пюре из клюквы и отвар из плодов шиповника – 2,25 и 2,45% соответственно.

Таким образом, все образцы исследуемого сырья имеют высокие показатели витаминного состава и могут быть использованы для разработки напитков для здорового питания.

Основой для разрабатываемых напитков являлся яблочный пектиновый экстракт. Содержание пектиновых веществ в пектиновом экстракте составило 1,61%, его комплексообразующая способность – 142,7 мг Рв²⁺/г пектина.

В процессе работы была проведена серия опытов, предусматривающих разработку различных вариантов рецептур напитков. При выборе лучших образцов ориентировались на органолептические характеристики напитка, гармоничность вкуса и аромата. В результате лучшими были выбраны три образца напитков.

В таблице 2 представлены рецептуры напитков.

Таблица 2. Рецептуры напитков
Table 2. Drink recipes

Наименование сырья	Напиток		
	«Ароматный»	«Клюквенный»	«Витаминный»
Настой чабреца	+	–	–
Настой цветов липы	+	+	–
Настой душицы	+	+	+
Пюре из клюквы	–	+	–
Отвар плодов шиповника	–	–	+
Яблочный пектиновый экстракт	+	+	+
Сахар	+	+	+

При определении органолептических свойств был применен балловый метод. Продукция оценивалась по 100-балльной шкале. Результаты дегустации показаны на рисунке 1.

Разработанные напитки для здорового питания получили высокие дегустационные

оценки и характеризуются высокими вкусовыми качествами.

Физико-химические характеристики разработанных напитков описаны в таблице 3.

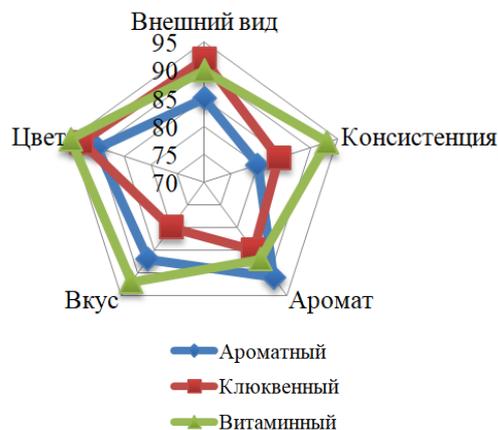


Рисунок 1. Органолептические показатели напитков для здорового питания
Figure 1. Organoleptic characteristics of drinks for a healthy diet

Таблица 3. Физико-химические характеристики разработанных напитков
Table 3. Physico-chemical characteristics of the developed drinks

Показатель	Характеристика напитка		
	«Ароматный»	«Клюквенный»	«Витаминный»
МД сухих веществ, %	5,8±0,4	8,3±0,6	6,2±0,6
МД титруемых кислот, %	1,21±0,3	2,12±0,3	1,35±0,2
МД сахаров, %	2,45±0,4	2,18±0,3	2,54±0,4
МД пектиновых веществ, %	2,46±0,4	2,65±0,2	2,78±0,2
Комплексообразующая способность, мг Рв ²⁺ /г пектина	139,8±1,6	140,2±1,5	140,9±2,0

Поскольку разработанные напитки планируется отнести к группе напитков здорового или функционального питания, дополнительно в них определяли содержание аскорбиновой кислоты (витамина С) и каротиноидов (рис. 2 и 3).

Полученные результаты свидетельствуют, что наибольшее количество аскорбиновой кислоты наблюдается в напитке «Витаминный» – 148,56 мг %, несколько ниже – в напитке «Ароматный» – 88,19 мг %, и самое низкое – в напитке «Клюквенный» – 74,24 мг %.

В тоже время и содержание каротиноидов находится на достаточно высоком уровне и составляет от 7,36 до 3,76 мг % для напитков «Ароматный» и «Витаминный», соответственно.

Стандартом¹ установлена норма содержания функционального ингредиента в продукте, которая составляет 10-50% суточной физиологической потребности.

В соответствии с утвержденными нормами потребления физиологически необходимых человеку веществ², которые составляют

¹ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения.

²Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.

для витамина С – 100 мг/сут, для каротиноидов – 5 мг/сут, для пектиновых веществ (группа пищевых волокон) – 20-25 г/сут, можно отнести разработанные напитки к

группе функциональных продуктов или продуктов здорового питания.

Рекомендуемое количество разработанных напитков в сутки может составлять 100-200 г.

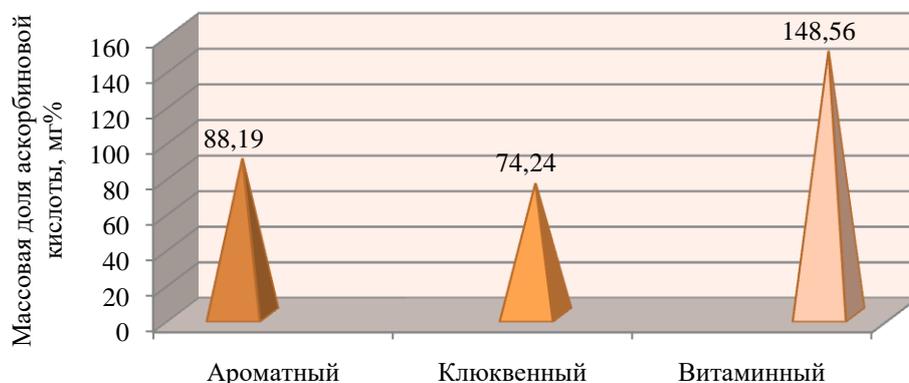


Рисунок 2. Массовая доля аскорбиновой кислоты, мг %
Figure 2. Mass fraction of ascorbic acid, mg %

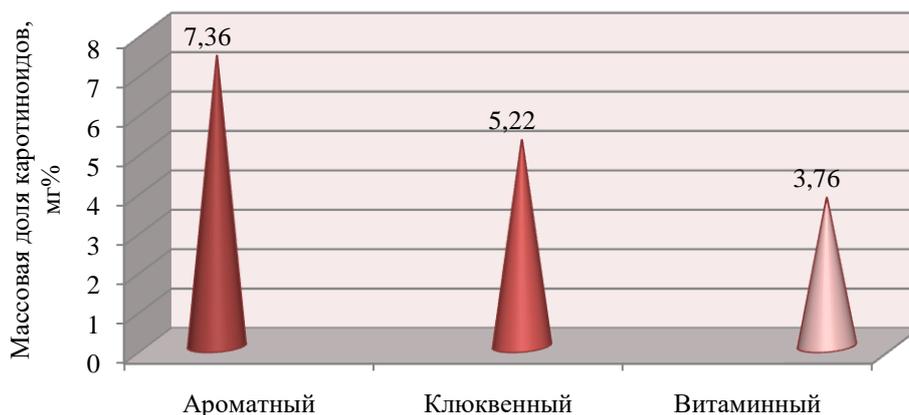


Рисунок 3. Массовая доля каротиноидов, мг %
Figure 3. Mass fraction of carotenoids, mg %

Заключение. Проведенное исследование свидетельствует о возможности использования дикорастущих растений в качестве источников витаминных комплексов для введения в состав продуктов здорового или функционального питания, в данном кон-

кретном случае – для получения напитков для здорового питания. Регулярное потребление подобных напитков даст возможность поддержать организм, особенно в осенне-зимний период.

Список литературы

1. Donchenko L.V., Krasnoselova E.A., Konuhova E.V., Belousova A.I. Innovative technological aspects of secondary raw materials processing in juices production // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. С. 012011. DOI: 10.1088/1755-1315/488/1/012011. EDN: SYCCQW
2. Маслова Г. М., Глинкина И. М. Оценка качества напитков безалкогольных тонизирующих // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2021. № 2(17). С. 33–38. EDN: FJSYFP

3. Танашкина Т. В., Перегоедова А. А., Семенюта А. А., Боярова М. Д. Безглютеновые гречишные квасы с добавлением пряно-ароматического сырья // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50. № 1. С. 70–78. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-1-70-78. EDN: GIZHFL
4. Rozhkova A.V., Dalisova N.A., Stepanova E.V., Karaseva M.V. Export potential development of wild plants // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. conference proceedings. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 82020. DOI: 10.1088/1755-1315/421/8/082020. EDN: BXCXQP
5. Chervenkov M., Ivanova T. Traditionally used wild nitrogen-fixing plants in bulgaria: the forgotten lathyrus tuberosus // Phytologia Balcanica. 2023. Т. 29. № 3. С. 377–384. DOI: 10.7546/phb.29.3.2023.6
6. Питание и нутритивная поддержка людей в пожилом и старческом возрасте как фактор профилактики преждевременного старения и развития гериатрических синдромов (обзор литературы) / А. Н. Ильницкий, М. В. Королева, А. А. Шарова, Е. В. Кудашкина, Е. И. Коршун, О. М. Кузьминов // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2019. № 3. С. 114–132. DOI: 10.24411/2312-2935-2019-10058. EDN: BDHSUV
7. Никитина С. О. Здоровый рацион как лечение и профилактика различных заболеваний // Аллея науки. 2023. Т. 1. № 10(85). С. 54–63. EDN: DSKBAK
8. Шамсутдинов Ш. А., Салеев Э. Р., Ермолаев А. П. Здоровое питание для студентов // Теория и практика современной науки. 2020. № 11(65). С. 204–207. EDN: NYIDOG
9. Филатова О. В., Мамышев Д. Д., Русин Е. Е. Лекарственные растения с нейропротективными свойствами // Научное обозрение. Медицинские науки. 2024. № 2. С. 55–59. DOI: 10.17513/srms.1394. EDN: GDMYJD
10. Catarino L., Romeiras M.M., Fernandes Â. Food from the wild—roles and values of wild edible plants and fungi // Foods. 2024. Т. 13. № 6. С. 818. DOI: 10.3390/foods13060818
11. Bankar R.S. Herbs and medicinal plants for curing obesity and related complications: a review // Journal of Advanced Scientific Research. 2021. Т. 12. № 3. С. 10–19.
12. Al-Hamdani A., Jayasuriya H., Pathare P.B., Al-Attabi Z. Drying characteristics and quality analysis of medicinal herbs dried by an indirect solar dryer // Foods. 2022. Т. 11. № 24. С. 4103. DOI: 10.3390/foods11244103
13. Bagchi P., Kar A. Studies on immuno-modulatory activity of selected medicinal herbs (in-silico approach) // International Journal of Pharma and Bio Sciences. 2024. Т. 15. № 2. С. 1–8. DOI: 10.22376/ijpbs.2024.15.2.b1-8
14. Файзиева С. К., Жураева Г. А., Баратова М. Б. Особенности питания при коронавирусной инфекции // Вопросы науки и образования. 2021. № 11(136). С. 11–17. EDN: JOVCNB
15. Никулина М. А. Профилактика вирусных инфекций при помощи лекарственных трав // Юный ученый. 2023. № 5(68). С. 168–172. EDN: SUPKSU
16. Осетров В. Г., Слащев Е. С., Зорин А. Ю., Касаткина Н. Ю. Метод определения оптимального состава пищевых добавок для повышения иммунитета // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной году науки и технологии в России. Ижевск, 2021. С. 166–173. EDN: AODTDK
17. Rodionova L., Sobol I., Donchenko L., Limareva N. Identification of carotenoid pigments of pumpkin grown in the South of Russia // В сборнике: E3S Web of Conferences. International Conferences on Efficient Production and Processing, ICEPP 2020. 2020;161:01106. DOI: 10.1051/e3sconf/202016101106

References

1. Donchenko L.V., Krasnoselova E.A., Konuhova E.V., Belousova A.I. Innovative technological aspects of secondary raw materials processing in juices production. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020:012011. DOI: 10.1088/1755-1315/488/1/012011. EDN: SYCCQW
2. Maslova G.M., Glinkina I.M. Quality assessment of soft tonic beverage. *Technologies and commodity science of agricultural products*. 2021;2(17):33–38. (In Russ.). EDN: FJSYFP
3. Tanashkina T.V., Peregodedova A.A., Semenyuta A.A., Boyarova M.D. Gluten-free buckwheat kvass with aromatic raw materials. *Food processing: techniques and technology*. 2020;50(1):70–78. (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2020-1-70-78. EDN: GIZHFL
4. Rozhkova A. V., Dalisova N. A., Stepanova E. V., Karaseva M. V. Export potential development of wild plants. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. conference proceedings. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020:82020. DOI: 10.1088/1755-1315/421/8/082020. EDN: BXCXQP

5. Chervenkov M., Ivanova T. Traditionally used wild nitrogen-fixing plants in bulgaria: the forgotten lathyrus tuberosus. *Phytologia Balcanica*. 2023;29(3):377–384. DOI: 10.7546/phb.29.3.2023.6
6. Ilnitsky A.N., Koroleva M.V., Sharova A.A., Kudashkina E.V., Korshun E.I., Kuzminov O.M. Food and nutritional support people in elderly and senile age as a factor the prevention of premature aging and development of geriatric syndromes. *Current problems of health care and medical statistics*. 2019;3:114–132 (In Russ.). DOI: 10.24411/2312-2935-2019-10058. EDN: BDHSUV
7. Nikitina S.O. Healthy diet as treatment and prevention of various diseases. *Alleya nauki*. 2023;1(10):54–63. (In Russ.). EDN: DSKBAK
8. Shamsutdinov Sh.A., Saleev E.R., Ermolaev A.P. Healthy food for students. *Teoriya i praktika sovremennoy nauki*. 2020;11(65):204–207. (In Russ.). EDN: NYIDOG
9. Filatova O.V., Mamyshev D.D., Rusin E.E. Medicinal plants with neuroprotective properties *Scientific review. Medical sciences*. 2024;2:55–59. (In Russ.). DOI: 10.17513/srms.1394. EDN: GDMYJD
10. Catarino L., Romeiras M.M., Fernandes A. Food from the wild-roles and values of wild edible plants and fungi. *Foods*. 2024;13(6):818. DOI: 10.3390/foods13060818
11. Bankar R.S. Herbs and medicinal plants for curing obesity and related complications: a review *Journal of Advanced Scientific Research*. 2021;12(3):10–19.
12. Al-Hamdani A., Jayasuriya H., Pathare P.B., Al-Attabi Z. Drying characteristics and quality analysis of medicinal herbs dried by an indirect solar dryer. *Foods*. 2022;11(24):4103. DOI: 10.3390/foods11244103
13. Bagchi P., Kar A. Studies on immuno-modulatory activity of selected medicinal herbs (in-silico approach). *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2024;15(2):1–8. DOI: 10.22376/ijpbs.2024.15.2.b1-8
14. Fayzieva S.K., Juraeva G.A., Baranova M.B. Nutrition features in coronavirus infection. *Voprosy nauki i obrazovaniya*. 2021;11(136):11–17. (In Russ.). EDN: JOVCNB
15. Nikulina M.A. Prevention of viral infections with the help of medicinal herbs. *Yunyy uchenyy*. 2023;5(68):168–172. (In Russ.). EDN: SUPKSU
16. Osetrov V.G., Slashchev E.S., Zorin A.Yu., Kasatkina N.Yu. Method for determining the optimal composition of food additives to enhance immunity. *Tekhnologicheskkiye trendy ustoychivogo funktsionirovaniya i razvitiya APK. Materialy Me-zhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy godu nauki i tekhnologii v Rossii* [Technological trends in the sustainable functioning and development of the agro-industrial complex. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Science and Technology in Russia]. Izhevsk, 2021. Pp. 166–173. (In Russ.). EDN: AODTDK
17. Rodionova L., Sobol I., Donchenko L., Limareva N. Identification of carotenoid pigments of pumpkin grown in the South of Russia. In the collection: E3S Web of Conferences. International Conferences on Efficient Production and Processing, ICEPP 2020. 2020;161:01106. DOI: 10.1051/e3sconf/202016101106

Сведения об авторах

Соболь Ирина Валерьевна – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код: 8519-0890, Scopus ID: 57201862447, Researcher ID: ACE-7375-2022

Красноселова Екатерина Анатольевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код: 7129-7308, Scopus ID: 57217176525, Researcher ID: AFC-0334-2022

Донченко Людмила Владимировна – доктор технических наук, профессор, директор НИИ «Биотехнологии и сертификации пищевой продукции», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код: 4318-2512, Scopus ID: 57189593762, Researcher ID: AAB-8062-2020

Information about the authors

Irina V. Sobol – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Storage Technology and Processing of Plant Growing Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 8519-0890, Scopus ID: 57201862447, Researcher ID: ACE-7375-2022

Ekaterina A. Krasnoselova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Storage Technology and Processing of Plant Growing Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 7129-7308, Scopus ID: 57217176525, Researcher ID: AFC-0334-2022

Ludmila V. Donchenko – Doctor of Technical Sciences, Director of the Research Institute of Biotechnology and Certification of Food Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. SPIN-code: 4318-2512, Scopus ID: 57189593762, Researcher ID: AAB-8062-2020

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 12.11.2024;
одобрена после рецензирования 29.11.2024;
принята к публикации 09.12.2024.*

*The article was submitted 12.11.2024;
approved after reviewing 29.11.2024;
accepted for publication 09.12.2024.*

Научная статья

УДК 664.681.1:635.24:613.22

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-154-165

Использование продуктов переработки топинамбура в производстве специализированных мучных кондитерских изделий для питания детей школьного возраста

Наталья Тимофеевна Шамкова^{✉1}, Анастасия Игоревна Верещагина²,
Светлана Александровна Ильинова³, Дарья Романовна Дунец⁴

Кубанский государственный технологический университет», улица Московская, 2, Краснодар,
Россия, 3500072

^{✉1}shamkova75@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5131-6502>

²veresha86@mail.ru

³dpo.kubstu@gmail.com

⁴dunetsl@yandex.ru

Аннотация. Целью исследования явилось формирование потребительских свойств специализированных мучных кондитерских изделий с использованием продуктов переработки топинамбура для питания детей школьного возраста. В качестве объекта исследования использовались клубни топинамбура сорта «Интерес» (Краснодарский край, Россия), пюре и сироп из топинамбура. Разработана технологическая схема приготовления печенья с топинамбуром, а также рецептуры печенья «Овсяное с топинамбуром» и «Овсяно-ржаное с топинамбуром». Готовая продукция не содержит сахаро- и яйцепродуктов, имеет высокие органолептические характеристики. Определены физико-химические показатели печенья с топинамбуром. Установлено, что разработанная продукция имеет более высокую намокаемость (162 и 168%) и пониженную щелочность (1,6 и 1,7 град) соответственно для печенья «Овсяное с топинамбуром» и «Овсяно-ржаное с топинамбуром» относительно контрольного образца. Уменьшение влажности положительно сказывается на свойствах изделий – они становятся более рассыпчатыми. Установлено, что энергетическая ценность печенья снизилась на 42,12% и 34,46% соответственно для печенья «Овсяное с топинамбуром» и «Овсяно-ржаное с топинамбуром» в сравнении с контрольным образцом. При этом содержание белка увеличилось на 53,33% и 43,33%, жиров и углеводов уменьшилось на 47,22% и 29,17% и на 33,24% и 34,11%, пищевых волокон увеличилось более, чем в 2,5 раза соответственно. Повышение пищевой ценности готового печенья также обусловлено увеличением содержания витаминов и минеральных веществ в готовой продукции. Степень удовлетворения в пищевых волокнах составляет 21,3% и 17,3% для печенья «Овсяное с топинамбуром» и «Овсяно-ржаное с топинамбуром» соответственно. Микробиологические показатели разработанной продукции соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011. Себестоимость единицы продукции составляет около 163 рублей. Выполненные исследования обеспечивают получение продуктов питания с улучшенными показателями пищевой ценности при минимизации потерь материалов и затрат энергоресурсов. Результаты работы могут быть востребованы предприятиями пищевой промышленности и общественного питания, производящими специализированные мучные кондитерские изделия для питания детей школьного возраста.

Ключевые слова: печенье, питание детей школьного возраста, топинамбур, рецептура, технология, пищевая ценность

Для цитирования. Шамкова Н. Т., Верещагина А. И., Ильинова С. А., Дунец Д. Р. Использование продуктов переработки топинамбура в производстве специализированных мучных кондитерских изделий для питания детей школьного возраста // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 154–165. doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-154-165

Original article

Use of Jerusalem Artichoke Processed Products in the Production of Specialized Flour Confectionery Products for School-age Children

Natalia T. Shamkova^{✉1}, Anastasia I. Vereshchagina², Svetlana A. Ilinova³,
Darya R. Dunets⁴

Kuban State Technological University, 2 Moskovskaya Street, Krasnodar, Russia, 3500072

¹shamkova75@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5131-6502>

²veresha86@mail.ru

³dpo.kubstu@gmail.com

⁴dunetsl@yandex.ru

Abstract. The aim of the study was to develop consumer properties of specialized flour confectionery products using Jerusalem artichoke processing products for school-age children. The objects of the study were Jerusalem artichoke tubers of the "Interes" variety (Krasnodar Krai, Russia), Jerusalem artichoke puree and syrup. A process flow chart for making Jerusalem artichoke cookies, as well as recipes for "Oatmeal with Jerusalem artichoke" and "Oatmeal-rye with Jerusalem artichoke" cookies have been developed. The finished products do not contain sugar or egg products and have high organoleptic characteristics. Physicochemical properties of Jerusalem artichoke cookies have been determined. It has been established that the developed products have higher wettability (162 and 168%) and reduced alkalinity (1.6 and 1.7 degrees) for "Oatmeal with Jerusalem artichoke" and "Oatmeal-rye with Jerusalem artichoke" cookies, respectively, relative to the control sample. Reducing humidity has a positive effect on the properties of the products – they become more crumbly. It was found that the energy value of the cookies decreased by 42.12% and 34.46%, respectively, for the "Oatmeal with Jerusalem artichoke" and "Oatmeal-rye with Jerusalem artichoke" cookies compared to the control sample. At the same time, the protein content increased by 53.33% and 43.33%, fats and carbohydrates decreased by 47.22% and 29.17% and by 33.24% and 34.11%, dietary fiber increased more than 2.5 times, respectively. The increase in the nutritional value of the finished cookies is also due to the increase in the content of vitamins and minerals in the finished product. The degree of satisfaction in dietary fiber is 21.3% and 17.3% for the cookies "Oatmeal with Jerusalem artichoke" and "Oatmeal-rye with Jerusalem artichoke", respectively. Microbiological indicators of the developed products comply with the requirements of TR CU 021/2011. The unit cost of production is about 163 rubles. The conducted studies ensure the production of food products with improved nutritional value indicators while minimizing material losses and energy costs. The results of the work can be in demand by food industry and public catering enterprises producing specialized flour confectionery products for school-age children.

Keywords: cookies, nutrition of school-age children, Jerusalem artichoke, recipe, technology, nutritional value

For citation. Shamkova N.T., Vereshchagina A.I., Ilinova S.A., Dunets D.R. Use of Jerusalem Artichoke Processed Products in the Production of Specialized Flour Confectionery Products For School-age Children. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):154–165. (In Russ.).
doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-154-165

Введение. В настоящее время на государственном уровне активно пропагандируется здоровый образ жизни, одним из элементов которого является рациональное питание [1]. Проблема рационального питания имеет социальный и медицинский аспекты. Социальный аспект заключается в неустойчивости равновесия между производством продуктов питания, включая недостаток пище-

вых ресурсов, и потребностью в них отдельных категорий граждан. Медицинский аспект базируется на том, что питание – один из основных факторов, определяющих здоровье населения различных возрастных групп. Правильное, здоровое и безопасное питание является необходимым условием благополучного развития детского организма [2]. Потребность в отдельных пищевых нутриентах у детей

всех возрастных групп и взрослых различная. Растущему организму требуется большее количество белков, минеральных веществ и витаминов, чем взрослому [3].

Введенные в ФЗ № 47-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» статьи 25.1 и 25.2 указывают, что изготовление пищевых продуктов для питания детей должно отвечать требованиям, предъявляемым к производству специализированной пищевой продукции. К изделиям для питания детей различных возрастных групп предъявляются особые требования: к используемому сырью и полуфабрикатам, химическому составу, пищевой и энергетической ценности и ряду других показателей [4]. Можно выделить следующие элементы потребительской ценности специализированной пищевой продукции для детей школьного возраста:

- соответствие органолептического восприятия продукции представлениям потребителя о её приятности;
- соответствие пищевой ценности продукции представлениям потребителя о её полезности;
- убежденность потребителя в пищевой безопасности продукции;
- хранимоспособность продукции;
- затраты на приобретение и использование продукции.

Согласно действующим в Российской Федерации СанПиН 2.3/2.4.3590-20, а также методическим рекомендациям МР 2.4.0179-20 «Рекомендации по организации питания для обучающихся общеобразовательных организаций», в рационы питания детей школьного возраста должны быть включены кондитерские изделия¹[5].

Кондитерские изделия – это продукты питания с большим содержанием углеводов (от 25% до 70%) и жиров (до 36%). Значительная часть кондитерского производства – это сегмент мучных кондитерских изделий. Продукция значительно отличается по цене, составу и потребительскими характеристиками, но

пользуется устойчивым спросом благодаря высоким вкусовым показателям, ценовой доступности, удобству потребления, а также традициям в питании россиян.

Популярностью у детей школьного возраста пользуется печенье [6].

Овсяное печенье наиболее соответствует концепции «здорового питания» [7, 8]. Существуют разновидности овсяного печенья на основе цельных хлопьев или муки. В его состав входят жиросодержащее сырьё и дополнительные ингредиенты, например, повидло или виноградное сусло, мед, сухофрукты, шоколад, орехи, пряности и др. [9]. Овсяное печенье имеет хорошие органолептические характеристики, но вместе с тем высокое содержание сахара (до 40%), недостаточное количество белков, минеральных веществ, витаминов, высокая калорийность и сахароёмкость являются недостатком печенья с точки зрения пищевой ценности [10].

По мнению отечественных и зарубежных исследователей перспективным является использование в рецептурах специализированных мучных кондитерских изделий растительного сырья с высоким биотехнологическим потенциалом и низкой энергетической ценностью [11, 12]. Таким сырьём является топинамбур. Использование клубней топинамбура и продуктов их переработки позволяет снизить калорийность пищевой продукции, её себестоимость, произвести замену дорогостоящих рецептурных компонентов, расширить ассортимент специализированных продуктов питания.

Клубни топинамбура содержат вещества различной химической природы, являющиеся незаменимыми факторами питания (% на сухое вещество): инулин от 18,77 до 32,11; пектиновые вещества – от 2,15 до 5,94; гемицеллюлозы – от 0,77 до 2,57; целлюлоза – от 2,30 до 6,35; минеральные вещества – от 5,0 до 9,6 аскорбиновая кислота – от 13,6 до 22,4 и др. [13, 14]. Клубни топинамбура содержат около 2,1 г белка, богаты незаменимыми аминокислотами – гистидином и аргинином [13].

Продукция из клубней топинамбура уже используется в производстве продуктов питания для различных групп потребителей, в том числе для питания детей школьного возраста. Для детского питания разработана технология и рецептуры пюреобразных консер-

¹СанПиН 2.3/2.4.3590-20. Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения: постановление главного государственного санитарного врача РФ № 32 от 27.10.2020. Москва: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2020. 56 с.

вов функционального назначения с топинамбуром [15]. В качестве обогащающего ингредиента пищевой продукции авторами предложено использование многокомпонентной добавки в виде пасты из топинамбура, моркови и яблок, а также муки овсяной. Для детей различных возрастных групп разработана рецептура творожного пудинга «Солнышко» [16]. Для детей младшего школьного возраста предложена технология кексов с добавкой из топинамбура [17]. Разработаны технологии и рецептуры песочного печенья с мукой из топинамбура [18]. Мякоть из топинамбура используется при приготовлении булочки «Топинамбурная» [19]. Известны рецептуры десертов функционального назначения с пюре из топинамбура [20].

Учитывая, что получаемая продукция отличается по биологической активности, стабильности, комплексу органолептических свойств, остаётся открытым вопрос о безопасности, пищевой и физиологической ценности мучных кондитерских изделий для питания детей школьного возраста с продуктами переработки топинамбура. Решения требуют вопросы доступности конкурентоспособных способов получения специализированных продуктов питания в условиях предприятий пищевой промышленности и общественного питания.

В связи с вышеизложенным, теоретический и практический интерес представляет разработка рецептур и технологии овсяного печенья для питания детей школьного возраста, с учетом требований нормативной документации и стереотипов пищевого поведения школьников, на основе мировых тенденций создания продуктов здорового питания [21, 22] – с пониженной калорийностью, обогащенных биологически активными веществами, с повышенным содержанием белка, пищевых волокон и др., а также оценка показателей качества и безопасности новой продукции [23].

Целью исследования явилось формирование потребительских свойств специализированных мучных кондитерских изделий с использованием продуктов переработки топинамбура для питания детей школьного возраста.

Материалы, методы и объекты исследования. Экспериментальные исследования

проводились методами инструментального анализа в трех повторностях с использованием оборудования ЦКП «Исследовательский центр пищевых и химических технологий» КубГТУ (СКР_3111).

В качестве объекта исследований использовались клубни топинамбура сорта «Интерес» урожая 2021-2023 гг. (Краснодарский край, Россия), пюре и сироп из топинамбура.

В готовой продукции определяли органолептические показатели по ГОСТ 24901-2014. Для получения цветовых характеристик продуктов из топинамбура использовали сканированное фотоизображение образцов с последующей обработкой в редакторе Adobe Photoshop. Сырой топинамбур мыли под душем, очищали и измельчали на протирочной машине Robot Coupe C 40 до размера частиц около 1,0 мм. Полученную пюреобразную массу перемешивали с соком лимона и измельченным имбирём, выдерживали около 20 минут.

Определяли кислотность и щелочность печенья по ГОСТ 5898-2022, содержание влаги и сухих веществ по ГОСТ 5900-2014, намокание по ГОСТ 10114-80. Содержание макроэлементов с использованием капиллярного электрофореза по ГОСТ 34414-2018, общего сахара – по ГОСТ 8756.13-87. Содержание белка, пищевых волокон, фруктозы, глюкозы, сахарозы, аскорбиновой кислоты – в соответствии с руководством по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище Р 4.1.1672-03.

Статистическая и математическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью пакета статистических программ Statistica v10, «Microsoft Excel». Достоверным считали величины при $P < 0,05$.

Результаты исследования. В таблице 1 приведены разработанные рецептуры овсяного печенья, обогащенного продуктами переработки топинамбура.

Из разработанных рецептур печенья полностью исключены сахаро- и яйцепродукты.

На рисунке 1 приведена структурная технологическая схема приготовления овсяного печенья, обогащенного продуктами переработки топинамбура.

Для приготовления печенья рецептурные ингредиенты подготавливают традиционным способом: просеивают от посторонних при-

месей с помощью сит муку, сухую молочную сыворотку, сахарную пудру, соль поваренную, другие сухие компоненты, затем их дозируют. Сырой топинамбур моют под ду-

шем, очищают и измельчают на овощедробилках или пригодных для этого протирочных механизмах до размера частиц около 1,0 мм.

Таблица 1. Рецептуры печенья с топинамбуром
Table 1. Recipes for cookies with Jerusalem artichoke

Наименование показателя	Печенье овсяное (контроль), %	Печенье овсяное с топинамбуром, %	Печенье овсяно-ржаное с топинамбуром, %
Хлопья овсяные	16,1	42,00	33,00
Мука пшеничная высший сорт	39,1	10,00	–
Мука ржаная	–	–	20,00
Отруби овсяные	–	5,00	3,00
Сахар-песок	32,1	–	–
Маргарин	16,4	5,00	6,00
Сухая молочная сыворотка	–	8,10	8,20
Топинамбур (свежий)	–	21,00	19,00
Сироп из топинамбура	–	8,00	8,00
Имбирь (свежий)	–	3,00	–
Лимон (свежий)	–	3,00	3,00
Орехи миндаль	–	–	5,00
Корица	–	–	0,03
Сода пищевая	0,7	0,7	0,7
Соль поваренная	0,3	0,3	0,3
Масса смеси	104,7	106,1	106,2
Выход готовой продукции	100,0	100,00	100,00



Рисунок 1. Структурная технологическая схема приготовления печенья с топинамбуром
Figure 1. Structural technological scheme for the preparation of cookies with Jerusalem artichoke

Сохранение цветности является важным показателем качества полуфабрикатов из топинамбура. Известно, что на потемнение топинамбура и продуктов его переработки существенное влияние оказывает окисление фенольных соединений, в результате чего снижаются пищевая и биологическая ценность продукта, его качество и товарный вид. Для предотвращения потемнения полученную пюреобразную массу топинамбура перемешивали с соком лимона и измельченным имбирём. Также для приготовления печенья возможно использование готового консервированного пюре из топинамбура. В пюреобразную массу из топинамбура последовательно при перемешивании вносили остальные ингредиенты – хлопья овсяные, молочную сыворотку, сироп из топинамбура и замешивали тесто. Готовое тесто должно быть одно-

родным, хорошо перемешанным (без следов непромеса), пластичным. Формирование требуемых структурно-механических свойств готовых изделий обеспечивается последовательностью технологических операций при приготовлении теста, а также экспериментально обоснованным соотношением рецептурных компонентов.

Из теста формируют заготовки округлой формы, укладывают их на чистые, подогретые до температуры 70°C трафареты и подают в печь. Выпечку тестовых заготовок осуществляют при температуре от 200°C до 220°C в течение около пяти минут. Режимы выпекания могут меняться в зависимости от вида оборудования и степени заполнения печи.

В таблице 2 приведены физико-химические показатели готового печенья с топинамбуром.

Таблица 2. Физико-химические показатели печенья с топинамбуром
Table 2. Physicochemical properties of Jerusalem artichoke cookies

Наименование показателя	Значение показателя		
	печенье овсяное по ГОСТ 24901 (контроль)	печенье овсяное с топинамбуром	печенье овсяно-ржаное с топинамбуром
Массовая доля влаги, %	не более 10,5	6,8	8,5
Массовая доля общего сахара (по сахарозе), %	не более 40,0	–	–
Щелочность, град.	не более 2,0	1,6	1,7
Намокаемость, %	не менее 150,0	162,0	168,0
Плотность, кг/м ³ , не более	530,0	250,0	235,0

При анализе физико-химических параметров овсяного печенья, обогащенного продуктами переработки топинамбура, определено, что образцы разработанного печенья превосходят контрольный и соответствуют требованиям ГОСТ 24901-2014. Так, разработанная продукция имеет более высокую намокаемость и пониженную щелочность относительно контрольного образца. Уменьшение влажности положительно сказывается на свойствах изделий – они становятся более рассыпчатыми.

В таблице 3 приведены результаты сравнительной оценки сенсорных показателей овсяного печенья, обогащенного продуктами переработки топинамбура, в сравнении с известным.

В таблице 4 приведены результаты определения пищевой ценности печенья с топинамбуром.

Установлено, что энергетическая ценность печенья снизилась на 42,12% и 34,46% соответственно для печенья «Овсяное с топинамбуром» и «Овсяно-ржаное с топинамбуром» в сравнении с контрольным образцом. При этом содержание белка увеличилось на 53,33% и 43,33%, содержание жиров уменьшилось на 47,22% и 29,17% и углеводов – на 33,24% и 34,11%, содержание пищевых волокон увеличилось более чем в 2,5 раза соответственно. Повышение пищевой ценности готового печенья с топинамбуром также обусловлено увеличением содержания витаминов (В₆, В₄, РР, Е) и минеральных веществ (К, Mg, Са, Se) в готовой продукции.

Таблица 3. Органолептические показатели печенья с топинамбуром
Table 3. Organoleptic characteristics of cookies with Jerusalem artichoke

Наименование показателя	Печенье овсяное по ГОСТ 24901 (контроль)	Печенье овсяное с топинамбуром	Печенье овсяно-ржаное с топинамбуром
Внешний вид	печенье круглой или овальной форма, без вмятин, вздутий и повреждений края	печенье круглой формы, без вмятин, вздутий и повреждений края	печенье круглой формы, без вмятин, вздутий и повреждений края
- вид в изломе	пропеченное печенье со свойственной данному виду расплывчатостью и структурой, без пустот и следов непромеса		
- поверхность	гладкая или шероховатая с извилистыми трещинками	шероховатая с извилистыми трещинками	шероховатая с извилистыми трещинками
Консистенция	плотная, затяжная, нерассыпчатая	умеренно рассыпчатая, мягкая, пористая	умеренно рассыпчатая, мягкая, пористая
Цвет	равномерный, от светло-соломенного до темно-коричневого с учетом используемого сырья, цвет мякиша желтовато-коричневый	цвет поверхности – от золотистого до светло-коричневого, цвет мякиша желтовато-кремовый	цвет поверхности – от золотистого до рыжевато-коричневого, цвет мякиша желтовато-оранжевый
	допускается более темная окраска выступающих частей рельефного рисунка, краев печенья, нижней стороны и следов от сетки пода печей.		
Вкус и запах	свойственный данному виду изделия	свойственный данному виду изделия, с бодрящим имбирно-лимонным послевкусием	свойственный данному виду изделия, с легкими нотками корицы и лимона

Таблица 4. Пищевая ценность печенья с топинамбуром
Table 4. Nutritional value of Jerusalem artichoke cookies

Наименование показателя	Значение показателя		
	печенье овсяное по ГОСТ 24901 (контроль)	печенье овсяное с топинамбуром	печенье овсяно-ржаное с топинамбуром
Энергетическая ценность, ккал	409,50	237,00	268,40
Белок, г	6,00	9,20	8,60
Жиры, г	14,40	7,60	10,20
Углеводы, г, в т. ч.	68,30	45,6	45,00
пищевые волокна	0,80	3,20	2,60
Витамин В ₆ , мг	0,15	0,31	0,41
Витамин Е, мг	отсутствует	0,90	0,90
Витамин В ₄ , мг	34,90	46,50	46,60
Витамин РР, мг	2,70	3,20	3,10
Калий, мг	129,00	177,50	176,00
Кальций, мг	44,10	51,60	55,10
Магний, мг	21,10	44,20	48,60
Фосфор, мг	100,90	106,20	109,20
Селен, мкг	отсутствует	5,20	5,20

Была проведена органолептическая оценка качества печенья (рис. 2). Оценивали сенсорные показатели свежеприготовленных образцов печенья с топинамбуром и образцов после хранения в течение 72 ч при температуре 20°C.

Таким образом, разработанные мучные кондитерские изделия характеризуются высокими органолептическими показателями и пищевой ценностью. Использование топинамбура позволяет снизить энергетическую ценность овсяного печенья, расширить ассортимент готовых изделий с высокой физиологической ценностью и пищевой плотностью.

В таблице 5 приведен расчёт степени удовлетворения суточной потребности детей школьного возраста в пищевых веществах и энергии при употреблении 100 г печенья.

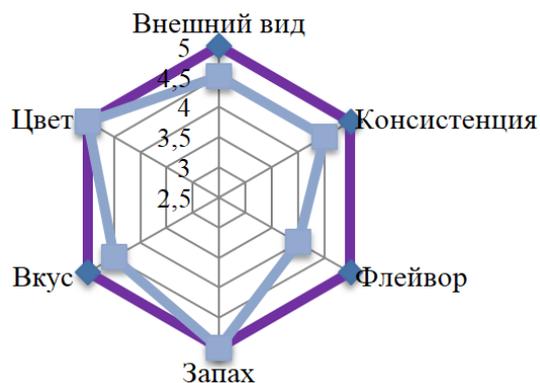


Рисунок 2. Профилограммы органолептической оценки печенья с топинамбуром до и после хранения

Figure 2. Profilograms of organoleptic evaluation of cookies with Jerusalem artichoke before and after storage

Таблица 5. Степень удовлетворения суточной потребности в пищевых веществах и энергии при употреблении 100 г печенья с топинамбуром

Table 5. The degree of satisfaction of daily requirements for nutrients and energy when consuming 100 g of cookies with Jerusalem artichoke

Наименование показателя	Суточная потребность (СанПиН 2.3/2.4.3590-20 для детей старше 12 лет)	Удовлетворения суточной потребности, %		
		печенье овсяное по ГОСТ 24901 (контроль)	печенье овсяное с топинамбуром	печенье овсяно-ржаное с топинамбуром
Белки (г/сут)	90	6,7	10,2	9,6
Жиры (г/сут)	92	15,7	8,3	11,1
Углеводы (г/сут)	383	17,8	11,9	11,7
Энергетическая ценность (ккал/сут)	2720	15,1	8,7	9,9
Калий (мг/сут)	1200	10,8	14,8	14,7
Кальций (мг/сут)	1200	3,7	4,3	4,6
Магний (мг/сут)	300	7,0	14,7	16,2
Фосфор (мг/сут)	1200	8,4	8,9	9,1
Селен (мкг/сут)	50	0,0	10,4	10,4

Учитывая вышеизложенное, печенье с топинамбуром может позиционироваться как продукт функционального назначения, так как содержание пищевых волокон составляет более 15% от суточной нормы.

Степень удовлетворения суточной потребности в белке при потреблении разработанной продукции увеличивается более чем на 3%, при этом уменьшается степень удовлетворения суточной потребности в углеводах примерно на 6%, в жирах – на 7,2% и 4,6% соответственно для печенья «Овсяное с топинамбуром» и «Овсяно-ржаное с топинамбуром».

В таблице 6 приведены результаты определения микробиологических показателей печенья после хранения в течение 72 ч при температуре 20°C.

Определено, что микробиологические показатели разработанной продукции соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Исследовали экономическую эффективность производства печенья с топинамбуром. Установлено, что себестоимость единицы продукции составляет около 163 рублей, при этом ожидаемая прибыль производства – около 341 тыс. руб.; коэффициент экономической эффективности затрат – 5,7; срок окупаемости затрат на производство – 0,2 года.

Таблица 6. Микробиологические показатели печенья с топинамбуром
Table 6. Microbiological indicators of cookies with Jerusalem artichoke

Наименование показателя	КМАФАнМ, КОЕ/100 см ³ , не более	Масса, в которой не допускается, г		Дрожжи, КОЕ/г, не более	Плесени, КОЕ/г, не более
		БГКП (колиформы)	патогенные, в т. ч. сальмонелла		
Нормативный уровень	20	отсутствуют	отсутствуют	<100/г	<100/г
Содержание в печенье «Овсяное с топинамбуром»	5	отсутствуют	отсутствуют	<100/г	<100/г
Содержание в печенье Овсяно-ржаное с топинамбуром»	5	отсутствуют	отсутствуют	<100/г	<100/г

Область применения результатов. Выполненные исследования обеспечивают получение продуктов питания с улучшенными показателями пищевой ценности при минимизации потерь материалов и затрат энергоресурсов. Результаты работы будут востребованы предприятиями пищевой промышленности и общественного питания, производящими специализированные мучные кондитерские изделия для питания детей школьного возраста

Выводы. Таким образом, разработана технология и рецептуры нового печенья с высокими потребительскими характеристиками.

При анализе его физико-химических параметров (общий сахар, щелочность, намокаемость, плотность) установлено, что образцы печенья «Овсяное с топинамбуром» и «Овсяно-ржаное с топинамбуром» превосходят контрольный по всем показателям и соответствуют требованиям ГОСТ 24901-2014.

Использование продуктов переработки топинамбура в производстве мучных кондитерских изделий способствует повышению пищевой ценности продукции, снижению калорийности, расширению ассортимента специализированных продуктов питания для детей школьного возраста.

Список литературы

1. Чекашова А. М. Основы рационального питания детей дошкольного и школьного возраста (постановка проблемы) // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 10-12(78). С. 86–92. EDN: DUHRT0
2. Кудреватых М. А., Шатханова Н. А. Оценка питания школьников и его влияние на физическое развитие и заболеваемость // Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal). 2020. Т. 5. № 5. С. 81–85. DOI: 10.29413/ABS.2020-5.5.11. EDN: SLCCWC
3. Основные аспекты создания специализированных кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного возраста / С. Ю. Мистенева., Е. А. Демченко, Н. А. Щербакова, Т. В. Герасимов, М. А. Талейсник // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 3. С. 413–422. DOI: 10.21603/2074-9414-2019-3-413-422. EDN: OMUIYH
4. Шамкова Н. Т. Технология специализированных продуктов питания: учеб. пособие. Краснодар: Изд-во ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2018. 216 с.
5. Ларионова З. Г., Мкоян С. Ю., Пырьева Е. А. Ошибки в «примерных меню» для питания школьников, разработанных в различных общеобразовательных учреждениях России // Медицина: теория и практика. 2019. Т. 4. № 1. С. 292. EDN: UBYGZA
6. Маркетинговые исследования потребительских предпочтений детей школьного возраста при выборе сахаристых и мучных кондитерских изделий / С. А. Калманович, О. В. Таранец, И. А. Дубровская [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2020. № 5-6(377-378). С. 112–117. DOI: 10.26297/0579-3009.2020.5-6.26. EDN: LUTJOT
7. Балаболин Д. Н., Ливинский А. А., Марченко С. С. Анализ ассортимента овсяного печенья, реализуемого в торговых сетях Москвы // Товаровед продовольственных товаров. 2020. № 2. С. 42–47. EDN: WPGEOQ

8. Блишников О. М., Новикова И. М., Долгова А. П. Оценка пищевой ценности обогащенного овсяного печенья // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 3. EDN: NCNDNV
9. The Quality and Nutritional Value of Oatmeal Cookies of Different Recipes / J. Betz, N. Naumova, A. Buchel [et al.] // Agricultural Food Engineering. 2021. Vol. 14 (63). No.1. DOI: 10.31926/but.fwiafe.2021.14.63.1.10
10. Чанов И. М., Сырвачева М. В., Наумова Н. Л. Макро- и микронутриенты овсяного печенья // Ползуновский вестник. 2019. № 2. С. 90–94. EDN: YYDDDE
11. Садыгова М. К., Белова М. В., Галиуллин А. А. Использование тыквенной муки при производстве овсяного печенья // Сурский вестник. 2018. № 3(3). С. 53–57. EDN: YLQLEL
12. Разработка рецептур мучных кондитерских изделий функционального назначения / И. Ю. Резниченко, А. М. Чистяков, Т. В. Рензяева, А. О. Рензяев // Хлебопродукты. 2019. № 6. С. 40–43. DOI: 10.32462/0235-2508-2019-28-6-40-43. EDN: IHMWWX
13. Шамкова Н. Т., Добровольская А. В., Токарев В. Ю. Научно-практические аспекты переработки топинамбура с получением полуфабрикатов и продуктов питания специализированного назначения: монография. Краснодар: ООО «Издательский Дом-Юг», 2021. 194 с. EDN: VIVZHK
14. Seylan H., Bilgiçli N., Cankurtaran T. Improvement of functional cake formulation using Jerusalem artichoke flour as inulin source and resistant starch (RS4) // Lwt – Food Science and Technology. 2021. Vol. 145(10). 111301. DOI: 10.1016/J.LWT.2021.111301
15. Новый вид консервов для функционального питания / Т. В. Федосенко, Л. К. Пацюк, Е. А. Медведева, Т. В. Наринянц // Овощи России. 2018. № 6(44). С. 63–69. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-6-63-69. EDN: VNPVJU.
16. Думанишева З. С., Пшеноков М. З., Кибисева А. Р. Разработка технологии кулинарной продукции из творога для школьного питания // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. № 1(31). С. 56–61. EDN: NRCBNQ.
17. Позднякова О. Г., Курбанова М. Г. Разработка мучных кондитерских изделий для детей младшего школьного возраста // Техника и технология пищевых производств. 2017. № 1(44). С. 31–36. EDN: YNFIAJ.
18. Тошходжаев Н. А., Рахмонова Д. А. Разработка рецептуры и технологии мучного кондитерского изделия с добавлением концентрата топинамбура // Вестник Алматинского технологического университета. 2023. № 3. С. 147–153. DOI: 10.48184/2304-568X-2023-3-147-153. EDN RRZTMX.
19. Типсина Н. Н., Демиденко Г. А., Кох Д. А. Технология получения и применения полуфабрикатов из топинамбура для обогащения хлебобулочных изделий // Ползуновский вестник. 2023. № 4. С. 140–145. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.04.018. EDN: WIDKIU
20. Продукт функционального назначения на основе топинамбура / Л. К. Пацюк, Т. В. Федосенко, Е. А. Медведева, Т. В. Наринянц // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 6 (67). С. 88–95. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.88-95. EDN VNWXGY.
21. Consumer Acceptability of Oatmeal Cookies Prepared with Sucralose/maltodextrin:isomalt Blends / J. Harrison, A. Bramlett, R. McKemie, R. Swanson // Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. 2012. Vol. 112. Is. 9.
22. Соловьева Ю. В. Пути оптимизации питания современных школьников // Российский педиатрический журнал. 2022. Т. 25. № 4. С. 283–284. EDN: AIUNSY
23. Резниченко И. Ю., Чистяков А. М., Щеглов М. С. Анализ конкурентных преимуществ функциональных мучных кондитерских изделий // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 147–154. DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.020. EDN: IYUUMF

References

1. Chekashova A.M. Fundamentals of rational nutrition of preschool and school-age children (formulation of the problem). *Aktual'nyye nauchnyye issledovaniya v sovremennom mire*. 2021;10-12 (78):86–92. (In Russ.). EDN: DUHRT0
2. Kudrevatykh M.A., Shatkhanova N.A. Assessment of schoolchildren's nutrition and its impact on physical development and morbidity. *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)*. 2020;5(5):81–85. (In Russ.). DOI: 10.29413/ABS.2020-5.5.11. EDN: SLCCWC
3. Misteneva S.Yu., Demchenko E.A., Shcherbakova N.A. [et al.]. The main aspects of the creation of specialized confectionery products for the nutrition of preschool and school-age children. *Food processing: techniques and technology*. 2019;49(3): 413–422. (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2019-3-413-422. EDN: OMUIYH
4. Shamkova N.T. *Tekhnologiya spetsializirovannykh produktov pitaniya: ucheb. posobiye* [Technology of specialized food products: textbook]. Krasnodar: Izd-vo FGBOU VO "KubGTU", 2018. 216 p. (In Russ.)

5. Larionova Z.G., Mkoyan S.Yu., Pyryeva E.A. Errors in the "sample menus" for schoolchildren's nutrition, developed in various educational institutions of Russia. *Medicine: theory and practice*. 2019;4(1):292. (In Russ.). EDN: UBYGZA
6. Kalmanovich S.A., Taranets O.V., Dubrovskaya I.A. [et al.]. Marketing research of consumer preferences of school-age children when choosing sugar and flour confectionery products. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2020;5-6(377-378):112–117. (In Russ.). DOI: 10.26297/0579-3009.2020.5-6.26. EDN: LUTJOT
7. Balabolin D.N., Livinsky A.A., Marchenko S.S. Analysis of the assortment of oatmeal cookies sold in Moscow retail chains. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov*. 2020;(2):42–47. (In Russ.). EDN: WPGEOQ
8. Blinnikova O.M., Novikova I.M., Dolgova A.P. Assessment of the nutritional value of fortified oatmeal cookies. *Education and science journal*. 2021;4(3). (In Russ.). EDN: NCNDNV
9. Betz J., Naumova N., Buchel A. [et al.]. The Quality and Nutritional Value of Oatmeal Cookies of Different Recipes. *Agricultural Food Engineering*. 2021;14–63(1). Doi: 10.31926/but.fwiafe.2021.14.63.1.10
10. Chanov I.M., Syrvacheva M.V., Naumova N.L. Macro- and micronutrients of oatmeal cookies. *Polzunovskiy vestnik*. 2019;(2):90–94. (In Russ.). EDN: YYDDDE
11. Sadygova M.K., Belova M.V., Galiullin A.A. The use of pumpkin flour in the production of oatmeal cookies. *Surskiy Vestnik*. 2018;3(3):53–57. (In Russ.). EDN: YLQLEL
12. Reznichenko I.Yu., Chistyakov A.M., Renzyaeva T.V., Renzyaev A.O. Development of recipes for functional flour confectionery products. *Khleboproducty*. 2019;(6):40–43. DOI: 10.32462/0235-2508-2019-28-6-40-43. (In Russ.). EDN: IHEMWX
13. Shamkova N.T., Dobrovolskaya A.V., Tokarev V.Yu. *Nauchno-prakticheskiye aspekty pererabotki topinambura s polucheniyem polufabrikatov i produktov pitaniya spetsializirovannogo naznacheniya: monografiya* [Scientific and practical aspects of Jerusalem artichoke processing to obtain semi-finished products and specialized food products: monograph]. Krasnodar: OOO "Izdatel'skiy Dom-Yug", 2021. 194 p. (In Russ.). EDN: VIVZHK
14. Ceylan H., Bilgiçli N., Cankurtaran T. Improvement of functional cake formulation using Jerusalem artichoke flour as inulin source and resistant starch (RS4). *Lwt – Food Science and Technology*. 2021;145(10):111301. DOI:10.1016/J.LWT.2021.111301
15. Fedosenko T.V., Patsyuk L.K., Medvedeva E.A., Narinians T.V. Product functional purpose on the basis of the Jerusalem artichoke. *Vegetable crops of Russia*. 2018;6(44):63–69. (In Russ.). DOI: 10.18619/2072-9146-2018-6-63-69. EDN: VNPVJU
16. Dumanisheva Z.S., Pshenokov M.Z., Kibisheva A.R. Development of technology of culinary products from curd for school food. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2021;1(31):56–61. (In Russ.). EDN NRCBNQ
17. Pozdnyakova O.G., Kurbanova M.G. The development of pastry for primary school age children. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2017;44(1):31–36. (In Russ.). EDN YNFIAJ
18. Toshkhodjaev N.A., Rakhmonova D.A. Development of the recipe and technology of flour confectionery with the addition of Jerusalem artichoke concentrate. *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2023;(3):147–153. (In Russ.). DOI 10.48184/2304-568X-2023-3-147-153. EDN RRZTMX
19. Tipsina N.N., Demidenko G.A., Kokh D.A. Technology of production and application of topinambour semi-finished products for bakery enrichment products. *Polzunovskiy vestnik*. 2023;(4):140–145. (In Russ.). DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.04.018. EDN WIDKIU
20. Patsyuk L.K., Fedosenko T.V., Medvedeva E.A., Narinians T.V. The functional food product on the basis of topinambour. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agricultural science of Euro-North-East]. 2018;6(67):88–95. (In Russ.). DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.88-95. EDN: VNWXGY
21. Harrison J., Bramlett A., McKemie R., Swanson R. Consumer Acceptability of Oatmeal Cookies Prepared with Sucralose/maltodextrin:isomalt Blends. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2012;112(9).
22. Solovieva Yu.V. Ways to optimize the nutrition of modern schoolchildren. *Russian Pediatric Journal*. 2022;25(4):283–284. (In Russ.). EDN: AIUNSY
23. Reznichenko I.Yu., Chistyakov A.M., Shcheglov M.S. Analysis of competitive advantages of functional flour pastry products. *Polzunovskiy vestnik*. 2021;(3):147–154. (In Russ.). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.020. EDN: IYUUMF

Сведения об авторах

Шамкова Наталья Тимофеевна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общественного питания и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», SPIN-код: 8459-4883, Scopus ID: 57285498100, Researcher ID: AAO-8812-2020

Верещагина Анастасия Игоревна – преподаватель кафедры общественного питания и сервиса инженерно-технологического колледжа, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»

Ильинова Светлана Александровна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», SPIN-код: 2223-2568

Дунец Дарья Романовна – бакалавр направления подготовки 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»

Information about the authors

Natalia T. Shamkova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Public Catering and Service, Kuban State Technological University, SPIN-code: 8459-4883, Scopus ID: 57285498100, Researcher ID: AAO-8812-2020

Anastasia I. Vereshchagina – Lecturer of the Department of Public Catering and Service, Engineering and Technology College, Kuban State Technological University

Svetlana A. Ilinova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Fats, Cosmetics, Commodity Science, Processes and Apparatus, Kuban State Technological University, SPIN-code: 2223-2568

Darya R. Dunets – Bachelor of Science in the field of study 19.03.04 Technology of products and organization of public catering, Kuban State Technological University

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

*Статья поступила в редакцию 01.11.2024;
одобрена после рецензирования 22.11.2024;
принята к публикации 02.12.2024.*

*The article was submitted 01.11.2024;
approved after reviewing 22.11.2024;
accepted for publication 02.12.2024.*

**ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ И УСЛОВИЯ ПУБЛИКАЦИИ
В НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОМ ЖУРНАЛЕ
«ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА им. В. М. КОКОВА»**

1. К публикации принимаются статьи по проблемам развития сельского хозяйства, представляющие научно-практический интерес для специалистов АПК.
2. В редакцию одновременно предоставляются материалы статьи с сопроводительным письмом.
3. Статьи проходят проверку на заимствования по программе «Антиплагиат» и обязательное рецензирование.
4. Рукопись статьи предоставляется в печатной (1 экземпляр) и электронной (в редакторе Microsoft Word) версиях (для сторонних авторов – в электронной). Объем статьи – 10-12 страниц формата А4, для статей обзорного и проблемного характера – не более 25 страниц, гарнитура Times New Roman, кегль 14, поля 2 см, абзацный отступ 1,25 см, межстрочный интервал 1,5 (для аннотации и ключевых слов – кегль 12, межстрочный интервал 1,0).
5. Таблицы и формулы должны быть представлены в формате Word; рисунки, чертежи, фотографии, графики – в электронном виде формате JPG или TIF (разрешение не менее 300 dpi), а также в тексте статьи в печатном варианте. Линии графиков и рисунков в файле должны быть сгруппированы. Все графические материалы, рисунки и фотографии должны быть пронумерованы, подписаны, переведены на английский язык и иметь ссылку в тексте.
6. Порядок оформления статьи:
 - тип статьи (научная, обзорная, редакционная, краткое сообщение и т.п.) в левом верхнем углу;
 - индекс УДК в левом верхнем углу;
 - DOI (при наличии);
 - название статьи (прописными буквами) на русском и английском языках;
 - имя, отчество, фамилия автора(ов), наименование организации (учреждения) без обозначения организационно-правовой формы юридического лица и ее адрес на русском и английском языках, адрес электронной почты, ORCID (при наличии);
 - аннотация (150-250 слов) на русском и английском языках;
 - ключевые слова (5-10 слов или словосочетаний) на русском и английском языках;
 - сведения об авторе(ах): инициалы, фамилия, ученая степень, должность, подразделение, наименование организации (учреждения) на русском и английском языках;
 - текст статьи на русском языке.
7. Требования к структуре статьи:
 - введение;
 - цель исследования;
 - материалы, методы и объекты исследования;
 - результаты исследования;
 - выводы;
 - список литературы (на русском языке и его транслитерация латиницей – References, «Vancouver style»).
8. Литература (не менее 8 и не более 25 источников, для обзорной статьи – не более 50) оформляется по ГОСТ Р 7.0.5-2008 в соответствии с последовательностью ссылок в тексте (порядке цитирования). Ссылки на литературные источники приводятся порядковой цифрой в квадратных скобках (например, [1]). Литература дается на тех языках, на которых она издана.
9. Статья, не оформленная в соответствии с данными требованиями и ГОСТ Р 7.0.7-2021, возвращается автору на доработку. Датой сдачи статьи считается день получения редакцией варианта, соответствующего требованиям журнала.

Адрес редакции: **360030, г. Нальчик, проспект Ленина, 1в, e-mail: kbgau.rio@mail.ru**
Контактный телефон: **+7(8662) 40-59-39**

**REQUIREMENTS FOR ARTICLES AND CONDITIONS OF PUBLICATION
IN SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL
«IZVESTIYA OF THE KABARDINO-BALKARIAN STATE
AGRARIAN UNIVERSITY NAMED AFTER V.M. KOKOV»**

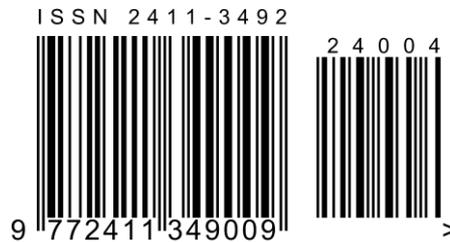
1. Articles on the problems of agricultural development that are of scientific and practical interest to agro-industrial complex specialists are accepted for publication.
2. At the same time, the materials of the article with a cover letter are submitted to the editorial office.
3. Articles are checked for borrowings under the program «Anti-plagiarism» and mandatory peer review.
4. The manuscript of the article is provided in printed (1 copy) and electronic (in Microsoft Word) versions (for third-party authors – in electronic). The volume of the article is 10-12 pages of A4 format, for articles of a review and problematic nature – no more than 25 pages, typeface Times New Roman, size 14, margins 2 cm, indentation 1,25 cm, line spacing 1,5 (for annotations and keywords – font size 12, line spacing 1,0).
5. Tables and formulas must be submitted in Word format; drawings, drawings, photographs, graphics – in electronic form in JPG or TIF format (resolution not less than 300 dpi), as well as in the text of the article in printed form. The lines of graphs and drawings in the file must be grouped. All graphic materials, drawings and photographs must be numbered, signed, translated into English and have a link in the text.
6. The order of registration of the article:
 - type of article (scientific, review, editorial, short communication, etc.) in the upper left corner;
 - UDC index in the upper left corner;
 - DOI (if available);
 - the title of the article (in capital letters) in Russian and English;
 - name, patronymic, surname of the author(s), name of the organization (institution) without indicating the legal form of the legal entity and its address in Russian and English, e-mail address, ORCID (if any);
 - abstract (150-250 words) in Russian and English;
 - keywords (5-10 words or phrases) in Russian and English;
 - information about the author(s): initials, surname, academic degree, position, subdivision, name of organization (institution) in Russian and English;
 - text of the article in Russian.
7. Requirements for the structure of the article:
 - introduction;
 - purpose of the study;
 - materials, methods and objects of research;
 - results of the study;
 - conclusions;
 - list of used literature (in Russian and its transliteration in Latin – References, Vancouver style).
8. Literature (at least 8 and no more than 25 sources, for a review article – no more than 50) is drawn up in accordance with GOST R 7.0.5-2008 in accordance with the sequence of references in the text (citation order). References to literary sources are given by an ordinal number in square brackets (for example, [1]). Literature is given in the languages in which it is published.
9. An article that is not designed in accordance with these requirements and GOST R 7.0.7-2021 is returned to the author for revision. The date of submission of the article is the day the editors receive the version that meets the requirements of the journal.

Editorial address: **360030, Nalchik, 1v Lenin Avenue, e-mail: kbgau.rio@mail.ru**

Contact phone: **+7(8662) 40-59-39**

Редактор – *Ордокова Ф. М.*
Технический редактор – *Казаков В. Ю.*
Перевод – *Гоова Ф. И.*
Вёрстка – *Рулёва И. В.*

ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. В. М. КОКОВА



Подписано в печать 20.12.2024 г. Дата выхода в свет 27.12.2024 г.
Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Формат 60×84 ¹/₈.
Бумага офсетная. Усл.п.л. 19,5. Тираж 300.
Цена свободная.

Адрес издателя: 360030, Россия, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 1 в.
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. Тел. +7(8662) 40-67-13
E-mail: kbgsha@rambler.ru

Адрес редакции: 360030, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 1 в.
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. Тел. +7(8662) 40-59-39
E-mail: kbgau.rio@mail.ru

Адрес типографии: 360030, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 1 в.
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. Тел. +7(8662) 40-95-84
E-mail: kbgau.tipografiya@mail.ru