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».
Издается с 2013 г.

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.

Заместители главного редактора:
Апажев А.К. – д-р техн. наук, доц.
Абдулхаликов Р.З. – канд. с.-х. наук, доц.

Ответственный редактор:
Дзуганов В.Б. – д-р техн. наук, доц.

Редакционная коллегия:

Аллахвердиев С.Р. – д-р биол. наук, проф. (Бартын, Турция)
Айсанов З.М. – д-р с.-х. наук, проф. (Нальчик, Россия)
Бакуев Ж.Х. – д-р с.-х. наук, доц. (Нальчик, Россия)
Блиев С.Г. – д-р с.-х. наук, проф. (Нальчик, Россия)
Власова О.И. – д-р с.-х. наук, доц. (Ставрополь, Россия)
Гварамия А.А. – д-р физ.-мат. наук, проф., акад. АН Абхазии (Сухум, Республика Абхазия)
Гудковский В.А. – д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН (Мичуринск, Россия)
Гукежев В.М. – д-р с.-х. наук, проф. (Нальчик, Россия)
Джабоева А.С. – д-р техн. наук, проф. (Нальчик, Россия)
Камбулов С.И. – д-р техн. наук, доц. (Зерноград, Россия)
Кудаев Р.Х. – д-р с.-х. наук, проф. (Нальчик, 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.

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.

Assistants chief editor:
Apazhev A.K. – Assoc. Prof., Dr. Sci.
Abdulkhalikov R.Z. Assoc. Prof., Ph.D.

Executive editor:
Dzuganov V.B. – Assoc. Prof., Dr. Sci.

Editorial board:

Allakhverdiev S.R. – Prof., Dr. Sci. (Bartyn, Turkey)
Aisanov Z.M. – Prof., Dr. Sci. (Nalchik, Russia)
Bakuev Zh.Kh. – Assoc. Prof., Dr. Sci. (Nalchik, Russia)
Bliev S.G. – Prof., Dr. Sci. (Nalchik, Russia)
Vlasova O.I. – Assoc. Prof., Dr. Sci. Stavropol, Russia)
Gvaramiya A.A. – Prof., Dr. Sci., Academician of AS of Abkhazia (Suhum, Republic of Abkhazia)
Gudkovskiy V.A. – Prof., Dr. Sci., Academician of RAS (Michurinsk, Russia)
Gukezhev V.M. – Prof., Dr. Sci. (Nalchik, Russia)
Dzhaboeva A.S. – Prof., Dr. Sci. (Nalchik, Russia)
Kambulov S.I. – Assoc. Prof., Dr. Sci. (Zernograd, Russia)
Kudaev R.H. – Prof., Dr. Sci. (Nalchik, Russia)

Кумыков А.М. – д-р филос. наук, проф. (Нальчик, Россия)
Курасов В.С. – д-р техн. наук, доц. (Краснодар, Россия)
Ламердонов З.Г. – д-р техн. наук, проф. (Нальчик, Россия)
Максимов В.И. – д-р биол. наук, проф. (Москва, Россия)
Марченко В.В. – д-р с.-х. наук, проф., чл.-кор. РАН (Московская область, Пушкино, пос. Лесные поляны, Россия)
Назранов Х.М. – д-р с.-х. наук, доц. (Нальчик, Россия)
Несмиянов И.А. – д-р техн. наук, доц. (Волгоград, Россия)
Пшихачев С.М. – канд. экон. наук, доц. (Нальчик, Россия)
Тарчоков Т.Т. – д-р с.-х. наук, проф. (Нальчик, Россия)
Темираев Р.Б. –д-р с.-х. наук, проф. (Владикавказ, Россия)
Успенский А.В. – д-р ветеринар. наук, проф., чл.-кор. РАН (Москва, Россия)
Чапликас Ионас – д-р экон. наук, проф. (Каунас, Литва)
Шахмурзов М.М. – д-р биол. наук, проф. (Нальчик, Россия)
Шеуджен А.Х. – д-р биол. наук, проф., акад. РАН (Краснодар, Россия)
Шогенов Ю.Х. – д-р техн. наук, чл.-кор. РАН (Москва, Россия)
Эфендиев Ф.С. – д-р филос. наук, проф. (Нальчик, Россия)
Юлдашбаев Ю.А. – д-р с.-х. наук, проф., акад. РАН (Москва, Россия)

Kumykov A.M. – Prof., Dr. Sci. (Nalchik, Russia)
Kurasov V.S. – Assoc. Prof., Dr. Sci. (Krasnodar, Russia)
Lamerdonov Z.G. – Prof., Dr. Sci. (Nalchik, Russia)
Maximov V.I. – Prof., Dr. Sci. (Moscow, Russia)
Marchenko V.V. – Prof., Dr. Sci., Corr. Member of RAS (Moscow region, Lesnye Polyany village, Russia)
Nazranov Kh.M. – Assoc. Prof., Dr. Sci. (Nalchik, Russia)
Nesmiyanov I.A. – Assoc. Prof., Ph. D. (Volgograd, Russia)
Pshikhachev S.M. – Assoc. Prof., Ph. D. (Nalchik, Russia)
Tarchokov T.T. – Prof., Dr. Sci. (Nalchik, Russia)
Temiraev R.B. – Prof., Dr. Sci. (Vladikavkaz, Russia)
Uspenskiy A.V. – Prof., Dr. Sci., Corr. Member of RAS (Moscow, Russia)
Čaplikas Ionas – Prof., Dr. Sci. (Kaunas, Lithuania)
Shakhmurzov M.M. – Prof., Dr. Sci. (Nalchik, Russia)
Sheudzhen A.Kh. – Prof., Dr. Sci., Academician of RAS (Krasnodar, Russia)
Shogenov Yu.Kh. – Dr. Sci., Corr. Member of RAS (Moscow, Russia)
Efendiev F.S. – Prof., Dr. Sci. (Nalchik, Russia)
Yuldashbaev Yu.A. – Prof., Dr. Sci., Academician of RAS (Moscow, Russia)

© ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, 2022
© FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Тамахина А. Я.
Эколого-биологические особенности пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) в экотопах Кабардино-Балкарской Республики — **5**

BIOLOGICAL SCIENCES

Tamakhina A. Ya.
Ecological and biological features of common tansy (*Tanacetum vulgare* L.) in the ecotopes of the Kabardino-Balkarian Republic

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Балкизов А. Б., Сасиков А. С., Амшоков Б. Х.
Эрозионно-допустимые нормы полива на южных черноземах при дождевании — **15**

Шекихачева Л. З.
Методические подходы к оценке экологического состояния почв — **23**

AGRONOMY, FORESTY AND WATER MANAGEMENT

Balkizov A. B., Sasikov A. S., Amshokov B. H.
Erosion-permissible irrigation norms on southern chernozems during sprinkling

Shekikhacheva L. Z.
Methodological approaches to the assessment of the ecological state of the soil

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Козин А. Н., Сазонова И. А., Сазонова С. О.
Сравнительная характеристика аминокислотного скора белков мяса баранчиков при обогащении рационов эссенциальными микроэлементами — **35**

Колосов Ю. А., Дегтярь А. С., Панфилова Г. И.
Влияние интенсивного выращивания телок на их рост и продуктивность — **42**

Приступа В. Н., Яндюк С. С.
Влияние разного уровня кормления с первых дней жизни черно-пестрых бычков на их рост и развитие — **51**

Суханова С. Ф.
Продуктивные показатели гусей, потреблявших витаминную кормовую добавку — **60**

Третьякова О. Л., Колосов Ю. А., Романцова С. С.
Взаимосвязь научных, информационных, технологических и производственных процессов в свиноводстве — **71**

ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

Kozin A. N., Sazonova I. A., Sazonova S. O.
Comparative characteristics of the amino acid protein rate of lamb meat when enriching diets with essential microelements

Kolosov Y. A., Degtyar A. S., Panfilova G. I.
Influence of intensive growing of heifers on their growth and productivity

Pristupa V. N., Yandyuk S. S.
Influence of different levels of feeding from the first days of life of black and white bulls on their growth and development

Sukhanova S. F.
Productive indicators of geese consuming vitamin fodder supplement

Tretyakova O. L., Kolosov Yu. A., Romantsova S. S.
Interrelation of scientific, information, technological and production processes in pig breeding

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Апажев А. К., Шекихачев Ю. А.
Оптимизация функционирования сельскохозяйственных производственных систем — **81**

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Apazhev A. K., Shekikhachev Y. A.
Optimizing the functioning of agricultural production systems

Башняк С. Е., Лемешко М. А., Башняк И. М. Исследования звукоизолирующих материалов в сельхозмашиностроении на роботизированном стенде	**90**	***Bashnyak S. E., Lemeshko M. A., Bashnyak I. M.*** Research of soundproofing materials in agricultural machinery on a robotic stand
Жирикова З. М., Алоев В. З. Взаимосвязь структурных характеристик и модуля упругости дисперсно-наполненных полимерных композитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена	**98**	***Zhirikova Z. M., Aloev V. Z.*** Relationship of structural characteristics and modulus of elasticity of dispersed-filled polymer composites based on ultra-high molecular polyethylene
Милюткин В. А., Буксман В. Э. Эффективная комплектация малых и средних агропредприятий современными сеялками и разбрасывателями минеральных удобрений российско-немецкого производства	**105**	***Milyutkin V. A., Buxman V. E.*** Efficient equipment of small and medium agro-enterprises with modern russian-german seeding machines and spreaders of mineral fertilizers
Пазова Т. Х., Габаев А. Х. Переработка и утилизация бесподстилочного навоза	**116**	***Pazova T. H., Gabaev A. H.*** Processing and utilization of unlited manure
Туганова Б. С. Технология производства пастообразного замороженного десертного продукта из вторичного молочного сырья	**121**	***Tuganova B. S.*** Technology of production of frozen dessert product from secondary dairy raw materials
Фиапшев А. Г., Хамоков М. М., Кильчукова О. Х., Розуматова К. С. Выбор оптимального противодействующего усилия для достижения максимального быстродействия электромагнита	**128**	***Fiapshev A. G., Khamokov M. M., Kilchukova O. Kh., Rozumatova K. S.*** Selection of the optimal reactive force to achieve the maximum speed of the electromagnet
Хоконова М. Б. Оптимизация параметров и режимов брожения при осахаривании зерновых заторов	**137**	***Khokonova M. B.*** Optimization of parameters and regimes of fermentation during saccharge of grain mash

ЮБИЛЯРЫ		**ANNIVERSIANS**
Поздравление с юбилеем Шеуджена А. Х.	**144**	Congratulations on the anniversary of Sheudzhen A. Kh.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

BIOLOGICAL SCIENCES

Научная статья
УДК 633.88:574(470.64)
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-5-14

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПИЖМЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*TANACETUM VULGARE* L.) В ЭКОТОПАХ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Аида Яковлевна Тамахина
Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, пр. Ленина, д. 1в, Нальчик, Россия, 360030, aida17032007@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-8958-7052

Аннотация. Основной объём заготовок лекарственного растительного сырья пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) составляют дикорастущие растения. Промышленные сборы *Flores Tanaceti* производятся в центральных областях европейской части России. На Северном Кавказе *T. vulgare* произрастает рассеянно, поэтому данные о биоресурсном потенциале вида требуют уточнения. Целью исследования стало изучение эколого-биологических особенностей *T. vulgare* в экотопах Кабардино-Балкарской Республики (КБР). Изучение ареала, онтогенеза, морфологической и фитохимической изменчивости *T. vulgare* проводили на территории КБР в 2018-2021 гг. в фазе начала цветения растений. По результатам исследования ареал *T. vulgare* охватывает три флористических подрайона: Чегемо-Череко-Суканский, Лескено-Лашкутинский и Юрской депрессии. Наибольшая встречаемость и обилие растений характерны для лесных, лесостепных, луговых, пойменных экотопов предгорной зоны КБР. В исследованных фитоценозах *T. vulgare* является сопутствующим видом со средним обилием 0,3-2,5%. Зоной экологического оптимума для вида являются лугово-степное и сухо-луговое увлажнение, довольно богатые почвы, умеренная переменность увлажнения, слабая пастбищная дигрессия. В условиях низкой нагрузки ценопопуляции *T. vulgare* формируют нормальные полночленные, одновершинные спектры с максимумом на зрелых генеративных экземплярах. В условиях стресса спектры становятся неполночленными прерывистыми одновершинными правосторонними с максимумом на старовозрастных генеративных растениях. Среди изученных морфологических и хозяйственно ценных признаков *T. vulgare* высокая изменчивость отмечена для числа корзинок в соцветии, средняя – для числа генеративных побегов и урожайности цветков, низкая и очень низкая – для высоты побега, содержания фенольных веществ, диаметра корзинки. В среднегорных ценопопуляциях по сравнению с предгорными установлено достоверное увеличение содержания суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в цветках, высоты побегов, уменьшение числа корзинок в соцветии, числа генеративных побегов и урожайности сырья. Характер корреляции накопления фенольных соединений в цветках с изученными морфологическими признаками может быть использован для отбора экотипов *T. vulgare* и включения их в селекционный процесс.

Ключевые слова: *Tanacetum vulgare*, ареал, ценопопуляция, онтогенез, обилие, экологический оптимум, изменчивость, корреляция, урожайность, флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты

© Тамахина А.Я., 2022

Для цитирования. Тамахина А.Я. Эколого-биологические особенности пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* l.) в экотопах Кабардино-Балкарской республики // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 5–14.
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-5-14

Research Article

ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL FEATURES OF COMMON TANSY (*TANACETUM VULGARE* L.) IN THE ECOTOPES OF THE KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC

Aida Ya. Tamakhina
Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Lenin Avenue, 1v, Nalchik, Russia, 360030, aida17032007@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-8958-7052

Abstract. The bulk of the preparations of medicinal plant raw materials of common tansy (*Tanacetum vulgare* L.) are wild plants. *Flores Tanaceti* industrial collections are produced in the central regions of the European part of Russia. In the North Caucasus, *T. vulgare* grows scattered, so the data on the bioresource potential of the species require clarification. The aim of the study was to study the ecological and biological features of *T. vulgare* in the ecotopes of the Kabardino-Balkarian Republic (KBR). The study of the area, morphological and phytochemical variability of *T. vulgare* was carried out on the territory of the KBR in 2018-2021 at the start of flowering plants.The study of the range, ontogenesis and ecological and biological features of *T. vulgare* was carried out on the territory of the KBR in 2018-2021 at the start of flowering plants. According to the results of the study, the range of *T. vulgare* covers three floristic subregions: Chegemo-Chereko-Sukansky, Leskeno-Lashkutinsky and Jurassic depressions. The highest occurrence and abundance of plants are typical for forest, forest-steppe, meadow, floodplainecotopes of the foothill zone of the KBR. In the studied phytocenoses, *T. vulgare* is a companion species with an average abundance of 0,3-2,5%. The zone of ecological optimum for the species is meadow-steppe and dry-meadow moisture, fairly rich soils, moderate moisture variability, and weak pasture digression. Under conditions of low load, *T. vulgare* cenopopulations form normal full-membered, unimodal spectra with a maximum on mature generative specimens. Under stress conditions, the spectra become incomplete, discontinuous, unimodal, right-handed, with a maximum on old-aged generative plants. Among the studied morphological and economically valuable traits of *T. vulgare*, high variability was noted for the number of anthologies in the inflorescence, medium variability for the number of generative shoots and flower yield, low and very low variability for the height of the shoot, the content of phenolic substances, and the diameter of the anthorax. In mid-mountain cenopopulations compared with foothill a significant increase in the content of the sum of flavonoids and phenolcarboxylic acids in flowers, shoot height, a decrease in the number of baskets in the inflorescence, the number of generative shoots, and the yield of raw materials were found. The nature of the correlation between the accumulation of phenolic compounds in flowers and the studied morphological traits can be used to select *T. vulgare* ecotypes and include them in the breeding process.

Keywords: *Tanacetum vulgare*, area, cenopopulation, ontogenesis, abundance, ecological optimum, variability, correlation, productivity, flavonoids, phenolcarboxylic acids

For citation. Tamakhina A.Ya. Ecological and biological features of common tansy (*Tanacetum vulgare* L.) in the ecotopes of the Kabardino-Balkarian Republic. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022;1(35):5–14. (In Russ.).
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-5-14

Введение. Пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.) является лекарственным растительным сырьем (*Flores Tanaceti*) и включена в фармакопеи многих стран, в т.ч. Российской Федерации. В официальной медицине цветки *T. vulgare* входят с состав желчегонного сбора «Фитогепатол® No 3», желчегонного и спазмолитического препарата «Танацехол ®», гепатопротекторного препарата «Сибектан ®», противоязвенногопрепарата «Беллацехол ®». *T. vulgare* также является пряно-ароматическим и декоративным растением, традиционно используется в бальзамах, косметике, красителях, инсектицидах и консервантах [1, 2].

T. vulgare имеет евро-азиатский тип ареала [3] и характеризуется высокой экологической пластичностью [4, 5]. Пижма обыкновенная произрастает в низовьях гор до среднего горного пояса (на лугах, степях, лесостепях, по берегам рек, в разреженных лесах), предпочитает дренированные песчаные, супесчаные и щебнистые почвы. Обычные места произрастания – залежи, пустыри, овраги с песчаными склонами, возле магистралей, железнодорожных дорог, галечники, вырубки, опушки, часто встречается на токсичных субстратах [4, 6].

Химический состав *Flores Tanaceti* представлен эфирным маслом (0,1-0,3%) сесквитерпеновыми лактонами (танацетин), флавоноидами (кверцетин, лютеолин, тилианин, космосиин, апигенин и др.), гидроксикоричными кислотами, алкалоидами (0,04%), дубильными веществами. Основными компонентами эфирного масла являются β-туйон, камфора, хризантенилацетат, борнеол, пинен, терпинеол [1, 7-9]. Фармакологическую активность цветков определяют флавоноиды и фенолкарбоновые кислоты (в пересчете на лютеолин не менее 2,5% в абсолютно сухом сырье).

Основные промышленные сборы пижмы обыкновенной происходят в центральныхобластях европейской части нашей страны [3]. На Северном Кавказе *T. vulgare* произрастает рассеянно до высоты 2400 м н. у. м. [10, 11], поэтому данные о биоресурсном потенциале вида требуют уточнения.

В связи свыше изложенным **целью исследования** стало изучение эколого-биологических особенностей *T. vulgare* (ареал, особенности онтогенеза, морфологическая и фитохимическая изменчивость) в экотопах КБР.

Материалы, методы и объекты исследований. Исследования проводили на территории КБР в 2018-2021 гг. в фазе начала цветения растений пижмы обыкновенной (июль). Изучение ценопопуляций производили маршрутным методом на учетных площадках (по 10-30 в каждом местообитании) размером 1 м^2. Анализ возрастной структуры проводили в 5 ценопопуляциях (ЦП): ЦП1 – Черекский р-н, Кабардино-Балкарский высокогорный заповедник, Черек-Безенгийское ущелье, 1600 м н.у.м., левый берег реки Черек-Хуламский, ЦП2 – Эльбрусский р-н, окр. с. Нейтрино, 1800 м н.у.м., склон у р. Кубасантысу, ЦП3 – Зольский р-н, долина Джилы-Су, берег р. Малка 700 м н.у.м, ЦП4 – г.о. Нальчик, мезофильный луг за зданием лечебного корпуса санатория «Синдика», 550 м н.у.м., ЦП5 – остепненный луг в междуречье Золки Южной и Золки Четвертой, с. Залукодес, 910 м н.у.м.

При определении онтогенетических спектров ценопопуляций выделяли возрастные состояния (проростки p, ювенильные j, имматурные im, виргинильные v, молодые генеративные gl, средние генеративные g2, старые генеративные g3, ss – субсенильные, s – сенильные) [12, 13]. Тип ЦП классифицировали по критерию «дельта-омега» [14].

Для оценки состояния ЦП проводили морфометрические измерения (высота растения, число междоузлий, длина междоузлий, длина листовой пластинки, ширина листовой пластинки, число генеративных побегов на одном растении, число корзинок в соцветии, диаметр корзинок, урожайность соцветий в воздушно-сухом весе). Биологическая повторность 10-тикратная. Урожайность соцветий определяли вначале цветения, исходя из средней численности особей и среднего воздушно-сухого веса соцветий с одного растения.

Для количественного анализа суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в пересчете на лютеолин в цветках растений *T. vulgare* применяли спектрофометрический метод (спектрофотометр ПЭ-5400УФ , λ=310 нм, толщина слоя 1 см). Аналитическая повторность трехкратная.

В качестве меры изменчивости использовали коэффициент вариации (CV), взаимообусловленности признаков – коэффициент корреляции (r). Для определения достоверности разности выборочных средних рассчитывали критерий достоверности разности t_d.

Результаты и их обсуждение. Ареал *T. vulgare* на территории КБР охватывает три флористических подрайона – Чегемо-Череко-Суканский, Лескено-Лашкутинский и Юрской депрессии. Наибольшая встречаемость растений характерна для предгорной зоны КБР (лесные, лесостепные, луговые, пойменные экотопы), в среднегорном поясе особи *T. vulgare* произрастают рассеянно до высоты 2400 м н.у.м. (рис. 1).

ЦП пижмы обыкновенной отмечены в составе следующих фитоценозов:

ЦП1 – бурьянисто-свинороийный приречный луг, доминанты *Cynodon dactylon, Cirsium setosum, Artemisia scoparia, A. glauca, Setaria viridis*, содоминанты – *Trifolium repens, T. pratense, Ononis spinosa, Melilotus officinalis, Vicia cracca, Coronilla varia*, сопутствующие виды – *Geranium sylvaticum, Chamaenerion angustifolium, Ranunculus acris, R. sceleratus* и др.;

ЦП2 – разнотравный приречный луг с зонтичными и ежой сборной, доминанты – *Heracleum asperum, Anthríscus sylvestris, Coniumm aculatum, Filipendula ulmaria, Dactylis glomerata*, сопутствующие виды – *Avena barbata, Senecio sylvaticus, Agrostis gigantea, Lathyrus pratensis, Ranunculus repens* и др.;

ЦП3 – злаково-разнотравно-низкоосоковый луг, доминанты – *Festuca pratensis, Koeleria glauca, Bromopsis erecta, Carex humilis*, сопутствующие виды – *Alchemilla vulgaris, Origanum vulgare, Trifolium ambiguum, Lotus caucasicus, Anthriscus sylvestris, Veratrum lobelianum* и др.;

ЦП4 – полынно-разнотравный остепненный луг, доминант травостоя *Artemisia vulgaris* L., содоминанты – *Aegopodium podagraria, Agrostis gigantea, Phleum pratense, Ranunculus repens, Rumex obtusifolius, Urtica dioica, Artemisia absinthium, Euphorbia virgata, Linaria vulgaris, Pastinacasyl vestris*и др.;

ЦП5 – коротконожково-разнотравный остепненный луг, доминант травостоя *Brachypodium rupestre*, содоминанты – *Scutellaria oreophila, Vincetoxicum funebre, Euphorbia stepposa, Astra galusdemetrii, Euphorbia stepposa, E. segueriana, Vincetoxicum funebre, V. hirundinaria.*

a

b

Рисунок 1. Растения *T. vulgare* в среднегорной (*a* – поляна Азау) и предгорной (*b* – берег р. Малка) природных зонах КБР (Фото автора)
Figure 1. Plants of *T. vulgare* in the mid-mountain (*a* – Azau glade) and foothill (*b* – bank of the Malka river) natural zones of the KBR (Photo of the author)

Основными видами воздействия на сообщества с участием пижмы в ЦП 4 и ЦП 5 являются нерегламентированный выпас скота и избыточная рекреация. В остальных экотопах пастбищная дигрессия слабая или отсутствует.

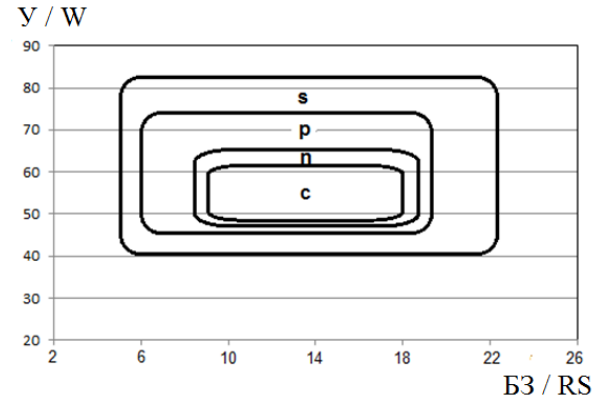
В исследованных фитоценозах *T. vulgare* является сопутствующим видом со средним обилием 0,3-2,5%. Четкая фитоценотическая приуроченность у растений *T. vulgare* отсутствует. В условиях высокой фитоценотической конкуренции (вегетативное размножение затруднено) и пастбищной дигрессии (обсеменение не происходит), сильно переменного увлажнения, влажнолугового увлажнения, мезотрофных и сильно солончаковых почв обилие вида снижается до 0,1-0,2%.

Зоной экологического оптимума для вида являются лугово-степное и сухо-луговое увлажнение, довольно богатые азотом и слабо засоленные почвы, умеренная переменность увлажнения, слабая пастбищная дигрессия (рис. 2). Наиболее подходящими условиями для образования ценопопуляций пижмы обыкновенной с высокой плотностью вида обладают пойменные и остепненные луга.

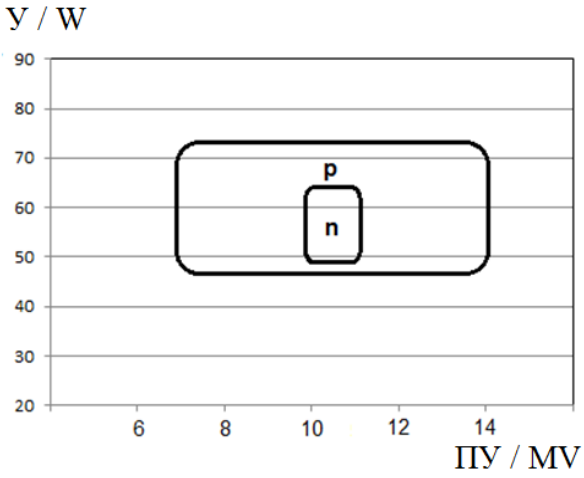
Анализ возрастной структуры показал, что растения *T. vulgare*, произрастающие в пойменных экотопах, образуют неполночленные ЦП (отсутствуют особи в состоянии g3, ss и s) в отличие от ЦП остепненных и мезофильных лугов. Базовый онтогенетический спектр нормальный полночленный одновершинный с максимумом на средневозрастных генеративных особях, доля особей прегенеративной фракции 11,8%. При усилении антропогенной нагрузки (ЦП-4,5) возрастает доля особей генеративной фракции, возрастной спектр становится прерывистым одновершинным правосторонним с максимумом на старовозрастных генеративных особях, доля прегенеративной фракции снижается до 3-5%, появляются особи субсенильного (4-5%) и сенильного (2-3%) периода онтогенеза (рис. 3). За счет имматурных, виргинильных и молодых генеративных особей восстановление популяций возможно при снижении нагрузки на местообитания.

Аналогичные данные получены для ценопопуляций *Tanacetum achilleifolium*, формирующих в условиях низкой нагрузки нормальные полночленные одновершинные спектры с максимумом на зрелых генеративных экземплярах. В условиях стресса спектры становятся неполночленными прерывистыми (отсутствуют проростки, ювенильные, имматурные и сенильные растения) одновершинными правосторонними с максимумом на старовозрастных генеративных растениях [16].

На основе значений индексов возрастности и эффективности среди исследованных ЦП выделено 3 типа: переходные, зреющие и старые (табл. 1).



a



b

Рисунок 2. Обилие *T. vulgare* (c – 2,6-8%; n – 0,3-2,5%; p – 0,1-0,2%; s – единично) в зависимости от водного режима (У) – богатства-засоленности (БЗ) почвы (*a*); водного режима (У) – переменности увлажнения (ПУ) (*b*). Составлено на основе экологических шкал [15]

Figure 2. Abundance of *T. vulgare* (c – 2,6-8%; n – 0,3-2,5%; p – 0,1-0,2%; s – single) depending on the water regime (W) – richness-salinity (RS) of the soil (*a*); water regime (W) – moisture variability (MV) (*b*). Compiled on the basis of ecological scales [15]

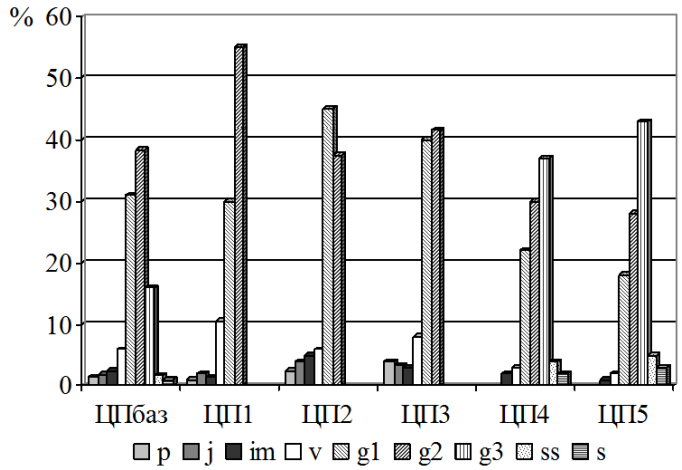


Рисунок 3. Онтогенетические спектры ценопопуляций *T. vulgare*
Figure 3. Ontogenetic spectra of *T. vulgare* cenopopulations

Таблица 1. Типы ценопопуляций *T. vulgare* поклассификации «дельта-омега»
Table 1. Types of cenopopulations of *T. vulgare* according to the delta-omega classification

№ ЦП	Δ	ω	Тип ЦП
1	0,37	0,73	Переходная к зрелой
2	0,32	0,77	Зреющая
3	0,33	0,76	Зреющая
4	0,54	0,80	Старая
5	0,58	0,79	Старая

Возрастной состав зреющих и переходных ценопопуляций *Tanacetum vulgare* L. характеризуется способностью к самоподдержанию и определяет их устойчивость.

Для изученных морфологических и хозяйственно ценных признаков *T. vulgare* в дикорастущих ЦП выявлено 4 уровня межпопуляционной изменчивости: очень низкий (CV<7%) – диаметр корзинки, низкий (CV=7-12%) – высота побега, содержание фенольных веществ; средний (CV=13-20%) – число генеративных побегов, урожайность сырья; высокий (CV=21-40%) – число корзинок в соцветии (табл. 2).

Урожайность сырья (соцветия) положительно коррелирует с числом генеративных побегов (r=0,97) и корзинок (r=0,64), а содержание суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот – с диаметром корзинки (r=0,93).

Таблица 2. Характеристика морфологических и хозяйственно ценных признаков *T. vulgare*
Table 2. Characteristics of morphological and economically valuable traits of *T. vulgare*

Признак	ЦП1	ЦП2	ЦП3	ЦП4	ЦП5	CV, %
Высота побега, см	112±6,3*	120±5,9*	98±4,7*	92±5,4*	110±5,2	10,58
Число генеративных побегов на одном растении, шт.	11,0±1,4**	10,6±1,3**	12,3±1,8	14,5±1,2**	13,4±2,5	13,19
Диаметр корзинки, мм	8,37±0,8	8,56±0,9	8,33±0,8	8,14±0,7	8,41±0,6	1,82
Число корзинок в соцветии, шт.	27±3,0*	24±3,4*	32±3,5*	42±3,2*	36±3,0	22,23
Урожайность сырья с растения, г	48±5,6*	40±4,2*	52±4,8	63±5,3*	60±4,3	17,60
Сумма флавоноидов и фенолкарбоновых кислот, %	3,32±0,15*	3,48±0,21*	3,07±0,18	2,67±0,20*	3,15±0,16	9,66

*Разность достоверна при P>0,99; **Разность достоверна при P>0,95.

Высотный фактор положительно коррелирует с содержанием флавоноидов и фенолкарбоновых кислот (r=0,78), высотой растений (r=0,91) и диаметром корзинок (r=0,80).

Полученные результаты подтверждаются данными о значительном влиянии высотного фактора на морфометрические признаки и биохимический состав растений. С увеличением высоты над уровнем моря весовые, а также размерные признаки растений увеличиваются, в то время как дискретные (число цветков и побегов) уменьшаются [17, 18]. Увеличение высоты над уровнем моря усиливает роль абиотических (УФ, резкие перепады температур и т.д.) и уменьшает роль биотических факторов, что позволяет растениям в этих условиях накапливать большее количество вторичных метаболитов, играющих важную роль в процессах адаптации [19, 20].

По данным М.Ю. Грязнова действие внешних факторов на изменчивость отдельных признаков *T. vulgare* обусловлено влиянием генетических особенностей. Это свидетельствует о разнообразии экотипов в популяциях пижмы и возможности эффективного целенаправленного отбора по основным хозяйственно-ценным признакам [21]. Повышенное содержание суммы флавоноидов и корреляция данного признака с другими морфологическими параметрами является основанием для прогнозирующего отбора среднегорных экотипов *T. vulgare* и включения их в селекционный процесс.

Заключение. Ареал *T. vulgare* на территории Кабардино-Балкарии охватывает три флористических подрайона: Чегемо-Черекo-Суканский, Лескено-Лашкутинский и Юрской депрессии. Наибольшая встречаемость и обилие растений характерны для предгорной зоны КБР (лесные, лесостепные, луговые, пойменные экотопы). В исследованных фитоценозах *T. vulgare* является сопутствующим видом со средним обилием 0,3-2,5%. Четкая фитоценотическая приуроченность у растений *T. vulgare* отсутствует. Зоной экологического оптимума для вида являются лугово-степное и сухо-луговое увлажнение, довольно богатые азотом и слабо засоленные почвы, умеренная переменность увлажнения, слабая пастбищная дигрессия. В условиях низкой нагрузки ценопопуляции *T. vulgare* формируют нормальные полночленные, одновершинные спектры с максимумом на зрелых генеративных экземплярах. В условиях стресса спектры становятся неполночленными прерывистыми одновершинными правосторонними с максимумом на старовозрастных генеративных растениях. На основе значений индексов возрастности и эффективности выделено 3 типа ценопопуляций (переходные, зреющие и старые). Среди изученных морфологических и хозяйственно ценных признаков *T. vulgare* высокая изменчивость отмечена для числа корзинок в соцветии, средняя – для числа генеративных побегов и урожайности сырья, низкая и очень низкая – для высоты побега, содержания фенольных веществ, диаметра корзинки. В среднегорных ЦП по сравнению с предгорными установлено достоверное увеличение содержания суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот в цветках и высоты побегов, уменьшение числа корзинок в соцветии, числа генеративных побегов и урожайности сырья. Характер корреляции накопления фенольных соединений в цветках с изученными морфологическими признаками может быть использован для отбора экотипов *T. vulgare* и включения их в селекционный процесс.

Список источников литературы

1. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейство Asteraceae. сост. Г. М. Балабас и др.; отв. ред. П. Д. Соколов. СПб.: Наука, 1993. 349 с.

2. Acimovic M., Puvača N. *Tanacetum vulgare* L. A Systematic Review // Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management. 2020, No. 3, pp. 416–422.

3. Атлас лекарственных растений России / под ред. В.А. Быкова. М.: Щербинская типография, 2006. 352 с.

4. Jasion M., Samecka-Cymerman A., Kolon K. et al. *Tanacetum vulgare* as a Bioindicator of Trace-Metal Contamination: A Study of a Naturally Colonized Open-Pit Lignite Mine // Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2013. No. 65, pp. 442–448. https://doi.org/10.1007/s00244-013-9922-4

5. Папина О.Н., Ачимова А.А., Ядомыкова С.А. Биоморфологические особенности *Tanacetum vulgare* L. в окрестностях с. Улаган (Республика Алтай) // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 11 (157). С. 100–105.

6. Киселева К.В., Майров С.Р., Новиков В.С. Флора средней полосы России: атлас-определитель / под ред. проф. В.С. Новикова. М.: ЗАО «Фитон+», 2010. 544 с.

7. Куркина А.В. Исследование флавоноидного состава цветков пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) // Химия растительного сырья. 2011. №4. С. 209–212.

8. Mureşan M.L. Variability of chemical composition in *Tanacetumvulgare* L. essential oils over the world // Acta Medica Transilvanica. 2015. V. 20, No. 4, pp. 163–164.

9. Чебышев Н.В., Стреляева А.В., Сологова С.С., Кузнецов Р.М., Кривда Я.В., Сологова Д.И. Изучение химического состава эфирного масла пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare*) // Медицинское образование и вузовская наука. 2018. № 3-4 (13-14). С. 147–152.

10. Галушко А.И. Флора Северного Кавказа. Т. 3. [Lamiaceae – Asteraceae]. Ростов-на-Дону, 1980. 328 с.

11. Шхагапсоев С.Х. Растительный покров Кабардино-Балкарии. Нальчик: Тетраграф, 2015. 352 с.

12. Данилова Н.С., Семенова В.В., Борисова С.З. Онтогенез и фенологическое развитие *Tanacetum vulgare* L. при интродукции в Центральной Якутии // Научный журнал КубГАУ. 2021. №165(01). С. 131–140. http://ej.kubagro.ru/2021/01/pdf/13.pdf

13. Буланая М.В., Решетникова Т.Б. Онтогенез пижмы тысячелистной (*Tanacetum millefolium* L.) в условиях Саратовской области // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. 2008. № 7. С. 59–65.

14. Животовский Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.

15. Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н. и др. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.

16. Ильина В.Н. Изменения базовых онтогенетических спектров популяций некоторых редких видов растений Самарской области при антропогенной нагрузке на местообитания // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2015. Т. 24. № 3. С. 144–170.

17. Мингажева М.М., Анатов Д.М., Магомедова Б.М. Влияние высотного уровня на структуру изменчивости генеративного побега *Hypericum perforatum* L. в условиях Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2009. № 1. С. 14–19.

18. Хабибов А.Д., Абдулаева Д.М. Оценка роли высотного фактора в структуре изменчивости морфологических признаков генеративного побега *Trifolium pratense* L. в природных условиях внутригорного Дагестана // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 1: Естественные науки. 2011. № 6. С. 166–169.

19. Вагабова Ф.А., Гасанов Р.З., Рамазанова А.Р. и др. Изменчивость суммарного содержания флавоноидов и антиоксидантной активности надземных органов *Persicaria maculata* (Rafin) флоры Дагестана // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2011. № 4. С. 34–38.

20. Чанишвили Ш., Бадридзе Г., Рапава Л. и др. Влияние высотного фактора на содержание антиоксидантов в листьях некоторых травянистых растений // Экология. 2007. № 5. С. 395–400.

21. Грязнов М.Ю. Изучение коллекционного материала *Tanacetum vulgare* L. различного географического происхождения // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2013. № 5. С. 21–24.

References

1. *Rastitel'nye resursy SSSR: Cvetkovye rasteniya, ih himicheskij sostav, ispol'zovanie; Semejstvo Asteraceae.* [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use; Family Asteraceae]. Eds. G. M. Balabas et al.; red. P. D. Sokolov. StP: Nauka, 1993. 349 p. (In Russ.)

2. Acimovic M., Puvača N. *Tanacetum vulgare* L. - A Systematic Review. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management*. 2020;(3):416–422.

3. *Atlas lekarstvennyh rastenij Rossii* [Atlas of medicinal plants of Russia] / ed. V.A. Bykov. M.: SHCHerbinskaya tipografiya, 2006. 352 p. (In Russ.)

4. Jasion M., Samecka-Cymerman A., Kolon K. et al. *Tanacetum vulgare*as a Bioindicator of Trace-Metal Contamination: A Study of a Naturally Colonized Open-Pit Lignite Mine. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2013;(65):442–448. http://doi.10.1007/s00244-013-9922-4.

5. Papina O.N., Achimova A.A., Yadomykova S.A. Biomorphological features of *Tanacetum vulgare* L. in the vicinity of the vil. Ulagan (Republic of Altai). *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2017; 11(157):100–105. (In Russ.)

6. Kiseleva K.V., Mairov S.R., Novikov V.S. *Flora srednej polosy Rossii: atlas-opredelitel'* [Flora of Central Russia: Identifier Atlas]. Ed. V.S. Novikov. Moscow: «ZAOFiton+», 2010. 544 p. (In Russ.)

7. Kurkina A.V. Study of the flavonoid composition of flowers of common tansy (*Tanacetum vulgare* L.). *Himiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of vegetable raw materials]. 2011;(4):209–212. (In Russ.)

8. Mureşan M.L. Variability of chemical composition in *Tanacetum vulgare* L. essential oils over the world. *Acta Medica Transilvanica*. 2015;20(4):163–164.

9. Chebyshev N.V., Strelyaeva A.V., Sologova S.S. et al. Study of the chemical composition of the essential oil of common tansy (*Tanacetum vulgare*). *Medicinskoe obrazovanie i vuzovskaya nauka* [Medical Education and University Science]. 2018; 3-4(13-14):147–152. (In Russ.).

10. Galushko A.I. *Flora Severnogo Kavkaza* [Flora of the North Caucasus]. Vol 3. [Lamiaceae – Asteraceae]. Rostov-na-Dony, 1980. 328 p. (In Russ.)

11. Shkhagapsoev S.Kh. *Rastitel'nyj pokrov Kabardino-Balkarii* [Vegetation cover of Kabardino-Balkaria]. Nal'chik: Tetragraph, 2015. 352 p. (In Russ.)

12. Danilova N.S., Semenova V.V., Borisova S.Z. Ontogenesis and phenology of *Tanacetum vulgare* L. cultivated in Central Yakutia. *Nauchnyj zhurnal KubGAU* [Scientific journal of KubGAU]. 2021;165(01):131–140. http://ej.kubagro.ru/2021/01/pdf/13.pdf (In Russ.).

13. Bulanaya M.V., Reshetnikova T.B. Ontogeny of tansy yarrow (*Tanacetum millefolium* L.) in the conditions of the Saratov region. *Byulleten' Botanicheskogo sada Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Botanical Garden of the Saratov State University]. 2008:(7):59–65. (In Russ.)

14. Zhivotovsky L.A. Ontogenetic states, effective density and classification of plant populations. *Ekologiya* [Ecology]. 2001;1:3–7. (In Russ.)

15. Ramensky L.G., Tsatsenkin I.A., Chizhikov O.N. et al. *Ekologicheskaya ocenka kormovyh ugodij po rastitel'nomu pokrovu* [Ecological assessment of fodder lands by vegetation cover]. M.: Selkhozgiz, 1956. 472 p. (In Russ.)

16. Ilyina V.N. Changes in the basic ontogenetic spectra of populations of some rare plant species in the Samara region under anthropogenic pressure on habitats. *Samarskaya Luka: problemy regional'noj i global'noj ekologii* [Samarskaya Luka: problems of regional and global ecology]. 2015;24(3):144–170. (In Russ.)

17. Mingazheva M.M., Anatov D.M., Magomedova B.M. Influence of altitudinal level on the structure of variability of the generative shoot of *Hypericum perforatum* L. in Dagestan. *YUg Rossii: ekologiya, razvitie* [The South of Russia: ecology, development]. 2009;(1):14–19. (In Russ.)

18. Khabibov A.D., Abdulaeva D.M. Evaluation of the role of the altitude factor in the structure of the variability of the morphological features of the generative shoot *Trifolium pratense* L. in the natural conditions of the intramountain Dagestan. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 1: Estestvennye nauki* [Bulletin of the Dagestan State University. Series 1: Natural Sciences]. 2011;(6):166–169. (In Russ.)

19. Vagabova F.A., Gasanov R.Z., Ramazanova A.R., Kuramagomedov M.K. Variability of the total content of flavonoids and antioxidant activity of the above-ground organs of *Persicaria maculata* (Rafin) of the flora of Dagestan. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki* [Proceedings of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences]. 2011;(4):34–38. (In Russ.)

20. Chanishvili Sh., Badridze G., Rapava L., Dzhanukashvili N. Influence of the altitude factor on the content of antioxidants in the leaves of some herbaceous plants. *Ekologiya* [Ecology]. 2007; (5):395–400. (In Russ.)

21. Gryaznov M.Yu. Study of collection material Tanacetum vulgare L. of different geographical origin. *Voprosy biologicheskoj, medicinskoj i farmacevticheskoj himii* [Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry]. 2013;(5):21–24. (In Russ.)

Сведения об авторе

Тамахина Аида Яковлевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры товароведения, туризма и права, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 4714-5835, Author ID: 447846, Scopus Author ID: 8941932500

Information about the author

Aida Ya. Tamakhina – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Commodity research, tourism and law, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», SPIN-code: 4714-5835, Author ID: 447846, Scopus Author ID: 8941932500

Статья поступила в редакцию 11.02.2022; одобрена после рецензирования 10.03.2022; принята к публикации 14.03.2022.

The article was submitted 11.02.2022; approved after reviewing 10.03.2022; accepted for publication 14.03.2022.

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

AGRONOMY, FORESTY AND WATER MANAGEMENT

Научная статья
УДК 631.432.4:631.674.5
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-15-22

ЭРОЗИОННО-ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ ПОЛИВА НА ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ ПРИ ДОЖДЕВАНИИ

Афрасим Баширович Балкизов[✉1], **Анатолий Сергеевич Сасиков**[2], **Батыр Хаширович Амшоков**[3]
[1,2,3]Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030
[✉1]afrasim_1960@mail.ru
[2]rufus1972@mail.ru
[3]ambat72@mail.ru

Аннотация. Существующий в настоящее время традиционный подход к расчету водопотребления сельскохозяйственных культур основан на дефиците влажности почвы, при котором поливную норму определяют с учетом степени иссушения почвы к моменту полива, ее водно-физических свойств, глубины промачивания и техники полива. Определение в последующем элементов техники полива дождеванием базируется на полученной поливной норме без учета прочностных свойств почвы, ее устойчивости к воздействию энергии искусственного дождя, а также возможности возникновения эрозионных процессов. Однако практика орошения дождеванием в различных природно-климатических зонах страны показывает, что одной из основных проблем дождевания является образование поверхностного, неуправляемого стока воды при поливах, который приводит к ирригационной эрозии почвы, потере воды на сток и глубокой очаговой инфильтрации, что, в свою очередь, ухудшает мелиоративное состояние орошаемой территории, а в конечном итоге – к значительному снижению эффективности дождевания и его экологической безопасности.

Методика оценки применения дождевальных устройств в зависимости от почвенных условий, основанная на сравнении средней интенсивности (слоя) дождя со скоростью впитывания (слоем) впитавшейся воды за период полива на одной позиции не обеспечивает исключения этих негативных последствий при дождевании.

Установлено, что при обосновании эрозионно-допустимых норм полива в качестве критерия оценки впитывания воды в почву следует использовать показатель свободной (безнапорной) водопроницаемости, который зависит от крупности капель дождя и его интенсивности.

Ключевые слова: эрозионно-допустимая поливная норма, интенсивность дождя, предполивная влажность, южные черноземы, водопроницаемость

Для цитирования. Балкизов А/Б., Сасиков А.С., Амшоков Б.Х. Эрозионно-допустимые нормы полива на южных черноземах при дождевании // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 15–22.
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-15-22

© Балкизов А.Б., Сасиков А.С., Амшоков Б.Х., 2022

Research Article

EROSION-PERMISSIBLE IRRIGATION NORMS ON SOUTHERN CHERNOZEMS DURING SPRINKLING

Afrasim B. Balkizov[✉1], **Anatoly S. Sasikov**[2], **Batyr H. Amshokov**[3]
[1,2,3]Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Lenin Avenue, 1v, Nalchik, Russia, 360030
[✉1]afrasim_1960@mail.ru
[2]rufus1972@mail.ru
[3]ambat72@mail.ru

Abstract. The currently existing traditional approach to calculating the water consumption of agricultural crops is based on a shortage of soil moisture, in which the irrigation rate is determined taking into account the degree of desiccation of the soil at the time of irrigation, its water-physical properties, the depth of soaking and irrigation techniques. The subsequent determination of the elements of sprinkling irrigation technique is based on the obtained irrigation rate without taking into account the strength properties of the soil, its resistance to the effects of artificial rain energy, as well as the possibility of erosion processes. However, the practice of sprinkling irrigation in various climatic zones of the country shows that one of the main problems of sprinkling is the formation of surface, uncontrolled water runoff during irrigation, which leads to irrigation erosion of the soil, loss of water to runoff and deep focal infiltration, which, in turn, worsens the reclamation condition of the irrigated area, and ultimately – to a significant decrease in the effectiveness of sprinkling and its environmental safety.

The methodology for assessing the use of sprinkler devices depending on soil conditions, based on comparing the average intensity (layer) of rain with the rate of absorption (layer) of absorbed water during the irrigation period in one position does not exclude these negative consequences during sprinkling.

It is established that when justifying erosion-permissible irrigation norms, the indicator of free (non-pressure) water permeability, which depends on the size of raindrops and its intensity, should be used as a criterion for assessing water absorption into the soil.

Keywords: erosion-permissible irrigation rate, rain intensity, pre-irrigation humidity, southern chernozems, water permeability

For citation. Balkizov A.B., Sasikov A.S., Amshokov B.H. Erosion-permissible irrigation rates on southern chernozems during sprinkling. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022; 1(35):15–22. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-15-22

Введение. Традиционный подход по расчету водопотребления сельскохозяйственных культур основан на дефиците влажности почвы, при котором поливную норму определяют с учетом степени иссушения почвы к моменту полива, ее водно-физических свойств, глубины промачивания и техники полива. Определение в последующем элементов техники полива дождеванием базируется на полученной поливной норме без учета прочностных свойств почвы, ее устойчивости к воздействию энергии искусственного дождя, а также возможности возникновения эрозионных процессов.

Между тем, как показывает практика орошения дождеванием в различных природно-климатических зонах страны, одна из основных проблем дождевания – образование неуправляемого стока воды при поливах, приводящее к ирригационной эрозии почвы, потерь воды на сток и глубокой очаговой инфильтрации, ухудшению мелиоративного состояния орошаемой территории, а в конечном итоге – к значительному снижению эффек-

тивности дождевания и его экологической безопасности.

Обширные исследования, выполненные по установлению эрозионной опасности орошения, свидетельствуют о катастрофических последствиях эрозионных процессов. Ущерб, причиняемый эрозионными процессами почвам, значительнее, а ликвидация их негативных последствий гораздо сложнее аналогичных явлений, сопутствующих мелиоративно неблагоприятным территориям. Последние путем проведения специальных мероприятий могут быть возвращены к сельскохозяйственному использованию через 3-5 лет, тогда как эродированные почвы восстанавливают смытый слой только через 30-50 лет. Все это обусловливает необходимость установления не столько агротехнических норм полива (обеспечивающие промачивание всего корнеобитаемого слоя почвы), сколько эрозионно-допустимых поливных норм (ЭДПН), т.е. введения экологического ограничения.

Рекомендуемая в некоторых работах [1, 2] методика оценки применения дождевальных устройств в зависимости от почвенных условий основана на сравнении средней интенсивности или слоя дождя со скоростью впитывания или слоем впитавшейся воды за период полива на одной позиции. При этом скорость впитывания воды при дождевании принимают на 15-30% меньше скорости напорного впитывания, определяемую методом затопления площадок или по формуле А.Н. Костякова [3]:

$$W_t = \frac{k_1}{t^{\alpha}}, \qquad (1)$$

где:

k_1 – скорость впитывания в конце первой единицы времени, м/час;

α – показатель степени, характеризующий изменение скорости впитывания и зависящий от механического состава почв, ее водно-физических свойств, влажности и др;

t – время, час.

При напорном впитывании воды в почву скорость впитывания зависит больше, при прочих равных условиях, от поддерживаемого слоя воды на поверхности почвы, в то время как на впитывание воды при дождевании, а, следовательно, и на величину достоковой поливной нормы (эрозионно-допустимой поливной нормы) оказывают влияние энергетические параметры дождя – крупность капель и интенсивность.

Поэтому при обосновании эрозионно-допустимых норм полива более обоснованным является, на наш взгляд, подход, который в качестве критерия оценки впитывания воды в почву предусматривает использование показателя свободной (безнапорной) водопроницаемости P (мм), зависящий от крупности капель дождя и его интенсивности [4, 5]:

$$P = m_g \sqrt{i}\ e^{0,5d}, \qquad (2)$$

где:

m_g – эрозионно-допустимая поливная норма, мм;

i – интенсивность дождя, мм/мин;

d – крупность капель дождя, мм;

e – основание натурального логарифма.

Данная методика обусловливает определение параметров, входящих в уравнение (2) экспериментальным путем [6]. При этом микроплощадки размером 9×16 м^2, на которых расставляют дождемеры по квадратной сетке с шагом 1-1,5 м располагают таким образом, чтобы охватить зоны с различными энергетическими характеристиками дождя. Образование слоя воды вблизи каждого дождемера фиксируют визуально; время, прошедшее от начала полива, регистрируют секундомером. Дождемерный сосуд, вблизи которого появляется устойчивая лужа, выносится из зоны дождя и замеряется находящийся в ней объем воды. В связи с тем, что структура искусственного дождя (интенсивность, крупность капель) неодинакова по площади полива, на разных участках через различные промежутки времени после начала дождевания образуется слой воды на почве и число дождемерных сосудов постепенно уменьшается. Опытный полив заканчивается, когда из зоны дождя выносится последний дождемерный сосуд.

Крупность капель дождя определяют по известной методике [7] с помощью бумажных фильтров, предварительно натертых чернильным порошком. Для каждого фиксированного дождемера измеряются и рассчитываются:

1) объем осадков V (см^3), выпавших до появления луж (замеряют мерным цилиндром);

2) продолжительность полива t (мин.) до появления луж;

3) интенсивность дождя $i = \frac{m_g}{t}$, мм/мин,

где m_g – слой дождя, выпавших до появления луж, мм: $m_g = \frac{10V}{\omega}$, мм;

4) среднекубический диаметр капель дождя d_{cp}: $d_{cp} = \sqrt{\frac{\sum d_i^3}{n}}$, мм, где n – число капель, учтенных в $\sum d_i$.

Для расчетов по формуле (2) применяется среднее арифметическое значение показателя P_{cp} из всех полученных величин:

$$P_{cp} = \frac{\sum P_i}{n}. \quad (3)$$

Проведенные нами исследования по описанной методике процессов впитывания дождя на южных тяжелосуглинистых черноземах с использованием широкозахватной дождевальной машины «Кубань-М» при возделывании люцерны позволили установить показатель безнапорной водопроницаемости и эрозионно-допустимые поливные нормы в зависимости от энергетических параметров дождя, уровня предполивной влажности почвы и ее объемной массы [8, 9].

Влияние уровня предполивной влажности и объемной массы южных черноземов на показатель безнапорной водопроницаемости и ЭДПН представлено в таблице 1.

Зависимость безнапорной водопроницаемости Р и эрозионно-допустимой поливной нормы m_g от уровня предполивной влажности почвы приведена на рисунке 1.

Диапазон изменений уровня предполивной влажности почвы колебался от 65%НВ до 90%НВ.

Линейное убывание показателя безнапорной водопроницаемости почвы получено в виде экспоненциальной зависимости:

$$P = 158{,}5\exp\left[2{,}72(-\gamma)\right], \quad (4)$$

где:

γ – объемная масса почвы, г/см^3.

Таблица 1. Влияние предполивной влажности и объемной массы южных черноземов на показатель безнапорной водопроницаемости и ЭДПН

Table 1. The influence of the pre-soil humidity and the bulk mass southern chernozems on the effect of non-pressurised water permea bility and EPIN

№№ п/п	Объемная масса почвы, г/см^3	Предполивная влажность почвы, %НВ	Показатель безнапорной водопроницаемости, *P*, мм	ЭДПН, мм
1	1,22	67,0	104,9	39,0
2	1,25	68,0	87,4	32,5
3	1,24	82,3	65,6	24,4
4	1,21	82,5	76,9	28,6
5	1,18	75,4	86,9	32,3
6	1,22	70,4	92,8	34,5
7	1,35	72,4	79,9	29,7
8	1,27	74,8	80,2	29,8
9	1,16	78,8	86,9	32,3
10	1,38	80,8	52,4	19,5
11	1,16	85,7	68,9	25,6
12	1,23	89,7	63,5	23,6
13	1,12	81,0	93,9	34,9
14	1,19	74,2	93,1	34,6
15	1,31	85,3	51,9	19,3
16	1,12	84,2	80,2	29,8
17	1,48	69,4	64,0	23,0
18	1,25	70,9	86,1	32,0
19	1,16	73,0	92,0	34,2
20	1,50	77,0	46,8	17,4
21	1,45	79,8	42,2	15,7
22	1,32	77,4	74,5	27,7
23	1,36	82,7	62,1	23,1

Результаты исследований показывают, что с увеличением объемной массы почвы показатель безнапорной водопроницаемости уменьшается; соответственно уменьшается и величина эрозионно-допустимой поливной нормы. При объемной массе 1,1-1,2 г/см^3 ЭДПН составляет 40,2-32,8 мм (402-328 м^3/га), при ее увеличении до 1,5-1,6 г/см^3 ЭДПН уменьшается до 20,8-14,8 мм (208 – 148 м^3/га) [10].

Зависимость эрозионно-допустимой поливной нормы (достоковой) от интенсивности дождя при различной крупности капель, приведенная на рисунке 2, показывает, что увеличение интенсивности дождя приводит к уменьшению эрозионно-допустимой поливной нормы, при этом большему значению крупности капель дождя соответствует меньшее значение достоковой нормы.

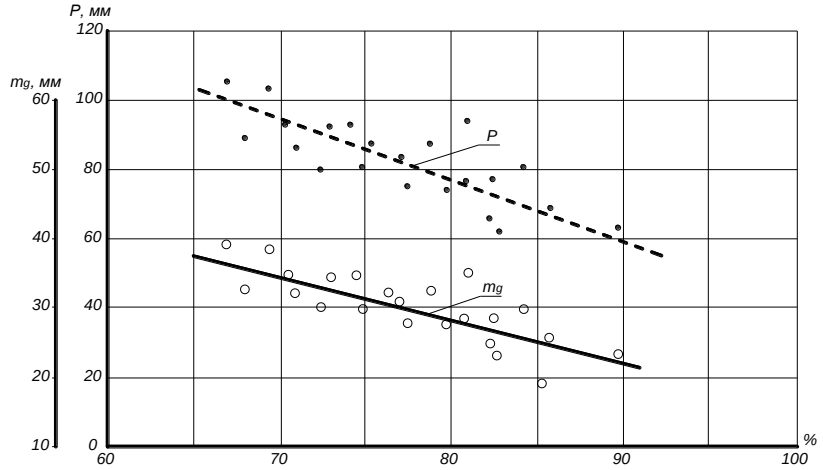


Рисунок 1. Зависимости безнапорной водопроницаемости *P* и эрозионно-допустимой поливной нормы m_g от уровня предполивной влажности почвы

Figure 1. Dependence of non-pressurised water *P* tightness of erosion permissible irrigation norm m_g on the of the preirrigation soil moisture

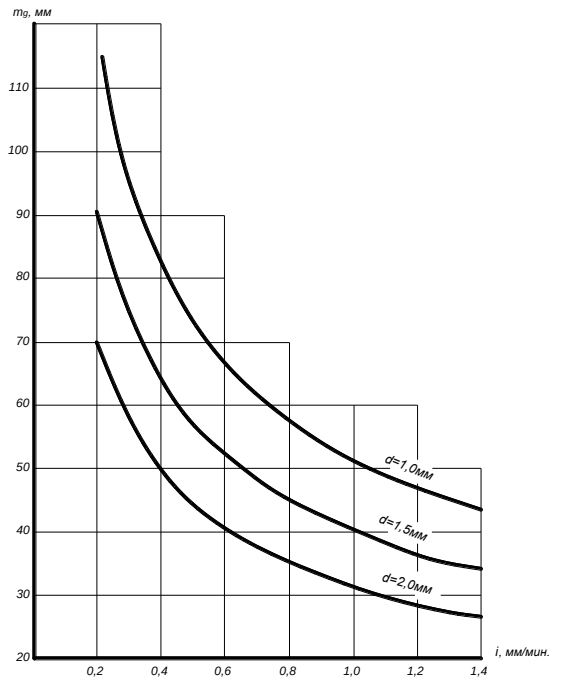


Рисунок 2. Зависимость эрозионно-допустимой поливной нормы m_g от интенсивности *i* и крупности капель *d* дождя

Figure 2. Dependence of erosion permissible irrigation norm m_g on the intensity *i* and size *d* rain drops

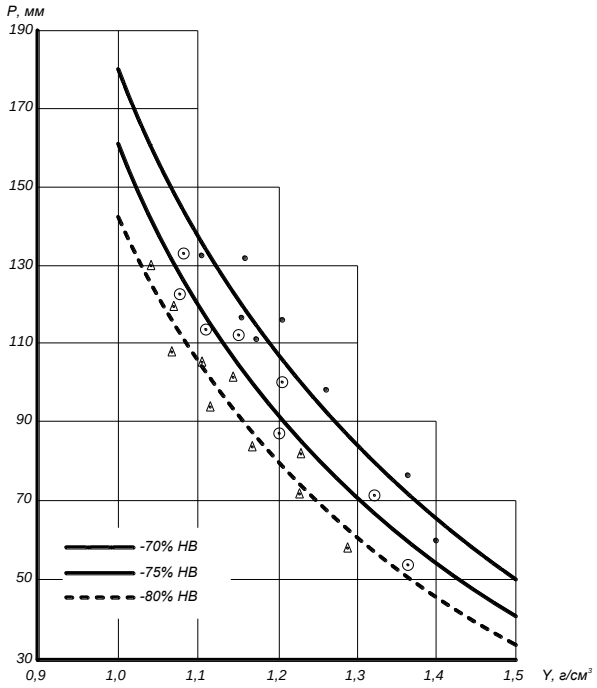


Рисунок 3. Зависимость показателя свободной водопроницаемости южных черноземов от объемной массы почвы

Figure 3. Dependence of the free water permeability indicator of the southern chernozems on the total mass of the soil

Зависимость показателя свободной водопроницаемости южных черноземов от объемной массы почвы приведена на рисунке 3.

З**аключение.** Обоснование эрозионно-допустимых поливных норм при дождевании, обеспечивающих исключение образования неуправляемого стока воды при поливах, приводящее к ирригационной эрозии почвы, требует такого подхода, при котором в качестве критерия оценки впитывания воды в почву следует предусматривать использование показателя свободной (безнапорной) водопроницаемости P (мм), зависящего от крупности капель искусственного дождя и его интенсивности.

Список источников литературы

1. Практикум по сельскохозяйственным гидротехническим мелиорациям / под ред. Е.С. Маркова. М.: Агропромиздат, 1986. 367 с.
2. Иванова О.И. Анализ эрозионных процессов на территории юга Красноярского края // Сб. научных трудов IX Международная научно-практическая конференция «Роль науки и технологий в обеспечении устойчивого развития АПК», Нальчик, 2021. С. 258–262.
3. Костяков А.Н. Основы мелиораций. М.: Сельхозгиз, 1960. 622 с.
4. Ерхов Н.С. Методика определения безнапорной водопроницаемости почв при дождевании // Почвоведение. 1975. № 9. С. 94–100.
5. Обумахов Д.Л., Шкура В.Н., Чураев А.А. Допустимые технологические параметры искусственного дождя при орошении дождеванием сельскохозяйственных угодий // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 1(21). С. 60–74.
6. Ерхов Н.С. О допустимой интенсивности дождя в различных почвенных условиях // Гидротехника и мелиорация. 1974. № 8. С.45–51.
7. Ерхов Н.С., Лямперт Г.П. Определение крупности капель дождя с помощью бумажных фильтров // Тракторы и сельхозмашины. 1974. № 10. С. 32–33.
8. Балкизов А.Б., Сасиков А.С. Задачи регулирования водного режима почв и особенности его формирования для южных черноземов // Сб. научных трудов VII Всероссийской научно-практической конференции «Инженерное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса России». Нальчик, 2018. С. 35–37.
9. Балкизов А.Б. Регулирование водного режима южных черноземов Западной Сибири при орошении люцерны дождеванием: автореферат дис. … канд. техн. наук, М., 1994. 21 с.
10. Балкизов А.Б., Сасиков А.С., Балкизов В.А., Сасиков Т.А К вопросу оптимального увлажнения южных черноземов при орошении люцерны дождеванием // Сб. научных трудов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Инновационные решения в строительстве, природообустройстве и механизации сельскохозяйственного производства», Нальчик, 2021. С. 117–121.

References

1. *Praktikum po sel'skohozyajstvennym gidrotekhnicheskim melioraciyam* [Workshop on agricultural hydraulic reclamation]. Ed. E.S. Markov. M.: Agropromizdat, 1986. 367 p. (In Russ.)
2. Ivanov O.I. Analysis of erosion processes on the territory of the South of the Krasnoyarsk territory. *Sb. nauchnyh trudov IX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Rol' nauki i tekhnologij v obespechenii ustojchivogo razvitiya APK»* [Sb. scientific papers IX International scientific and practical conference «The role of science and technology in ensuring the sustainable development of the agro-industrial complex»], Nalchik, 2021:258–262. (In Russ.)

3. Kostyakov A.N. *Osnovy melioracij* [The basics of reclamation]. Moscow: Sel'hozgiz, 1960. 622 c. (In Russ.)

4. Erkhov N.S. Methodology for determining non-pressure water permeability of soils during sprinkling. *Pochvovedenie* [Soil science]. 1975:9,94–100. (In Russ.)

5. Obumakhov D.L., Shkura V.N., Churaev A.A. Permissible technological parameters of artificial rain during irrigation by sprinkling of agricultural lands. *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii* [Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems], 2016:1(21),60–74. (In Russ.)

6. Erkhov N.S. On the permissible intensity of rain in various soil conditions. *Gidrotekhnika i melioraciya*. [Hydraulic engineering and melioration]. 1974,8:45–51. (In Russ.)

7. Erkhov N.S., Lampert G.P. Determination of the size of raindrops using paper filters. *Traktory i sel'hozmashiny*. [Tractors and agricultural machines]. 1974,10:32–33. (In Russ.)

8. Balkizov A.B., Sasikov A.S. The tasks of regulating the water regime of soils and the peculiarities of its formation for southern chernozems. *Sb. nauchnyh trudov VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Inzhenernoe obespechenie innovacionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossii».* [Collection of scientific papers of the VII All-Russian Scientific and practical Conference «Engineering support of innovative development of the agro-industrial complex of Russia»], Nal'chik, 2018:35–37. (In Russ.)

9. Balkizov A.B. *Regulirovanie vodnogo rezhima yuzhnyh chernozemov Zapadnoj Sibiri pri oroshenii lyucerny dozhdevaniem* [Regulation of the water regime of the southern chernozems of Western Siberia during irrigation of alfalfa by sprinkling]: avtoreferat dis. … kand. tekhn. nauk, Moscow, 1994. 21 p. (In Russ.)

10. Balkizov A.B., Sazikov A.S., Balkizov V.A. et al. On the issue of optimal moistening of southern chernozems during irrigation of alfalfa by sprinkling. *Sb. nauchnyh trudov Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoj konferencii «Innovacionnye resheniya v stroitel'stve, prirodoobustrojstve i mekhanizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva»* [Collection of scientific papers of the All-Russian (national) scientific-practical conference «Innovative solutions in construction, environmental management and mechanization of agricultural production»], Nalchik, 2021, 117–121 (In Russ.)

Сведения об авторах

Балкизов Афрасим Баширович – кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 4015-8381, Author ID: 130593

Сасиков Анатолий Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 3609-3447, Author ID: 966297

Амшоков Батыр Хаширович – кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 3071-3850, Author ID: 1014810

Information about the authors

Afrasim B. Balkizov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov»,
SPIN-code: 4015-8381, Author ID: 130593

Anatoly S. Sasikov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov»,
SPIN-code: 3609-3447, Author ID: 966297

Batyr H. Amshokov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Environmental Management, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov»,
SPIN-code: 3071-3850, Author ID: 1014810

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 24.01.2022; одобрена после рецензирования 21.02.2022; принята к публикации 24.02.2022.

The article was submitted 24.01.2022; approved after reviewing 21.02.2022; accepted for publication 24.02.2022.

Обзорная статья
УДК 504.064.2.001.18
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-23-34

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

Людмила Зачиевна Шекихачева
Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030, sh-ludmila-z@mail.ru, http://orcid.org/0000-0002-5987-1500

Аннотация. В статье обосновываются методические подходы, применяемые для оценки экологического состояния одной из наиболее уязвимых природных объектов при интенсивной хозяйственной деятельности – почвы, которая постоянно находится под физическими и химическими (техногенными) нагрузками и несбалансированных систем земледелия. Анализ состояния проблемы показал, что еще несколько десятков лет назад среднее содержание гумуса в почвах составляло 4,2%, на сегодняшний день, – всего 3,2%. Основными причинами потери гумуса является его минерализация, дефицит поступления в почву органического вещества, водная и ветровая эрозия. Значительно ухудшились физико-механические показатели почвы, а с ними водно-воздушные и тепловые свойства. Основываясь на том, что главной задачей современного земледелия является повышение плодородия почв, благодаря внедрению энерго- и ресурсосберегающих технологий, показано, что основной составляющей методологической основы оценки экологического состояния почвы служит система показателей контроля, выбор которых обусловлен необходимостью адекватной характеристики основных функций почвы, почвообразующих или почворазрушающих процессов. Сформулированы основные требования к показателям биологической активности почвы. На основании результатов исследований, базирующихся на анализе методов оценки экологического состояния почв, агроэкологическом мониторинге, предполагающем изучение и обобщение статистических материалов для условий Кабардино-Балкарской республики, установлено, что перспективными направлениями оценки экологического состояния почв являются: проведение комплексной оценки почвы как полифункциональной биокосной системы с учетом влияния на него загрязнения различной природы; комбинация в способах разных методов; применение функционально-экологического подхода; адаптированность способов к определенным почвенно-климатическим условиям территорий и конкретным типам почвы; разработка способов, которые имеют эколого-экономический эффект.

Ключевые слова: сельскохозяйственное производство, почва, экология, земледелие, технология, оценка, состояние

Для цитирования. Шекихачева Л.З. Методические подходы к оценке экологического состояния почвы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 23–34. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-23-34

Review Article

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THESOIL

Ludmila Z. Shekikhacheva
Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Lenin Avenue, 1v, Nalchik, Russia, 360030, sh-ludmila-z@mail.ru, http://orcid.org/0000-0002-5987-1500

© Шекихачева Л.З., 2022

Abstract. The article substantiates the methodological approaches used to assess the ecological state of one of the most vulnerable natural objects under intensive economic activity - the soil, which is constantly under physical and chemical (technogenic) loads and unbalanced farming systems. An analysis of the state of the problem showed that a few decades ago, the average content of humus in soils was 4,2%, today it is only 3,2%. The main reasons for the loss of humus are its mineralization, the lack of organic matter entering the soil, and water and wind erosion. The physical and mechanical properties of the soil significantly worsened, and with them the water-air and thermal properties worsened too. Based on the fact that the main task of modern agriculture is to increase soil fertility, thanks to the introduction of energy and resource-saving technologies, it is shown that the main component of the methodological basis for assessing the ecological state of the soil is a system of control indicators, the choice of which is due to the need to adequately characterize the main functions of the soil, soil-forming or soil-destroying processes. The basic requirements for indicators of soil biological activity are formulated. Accoding to the results of studies based on the analysis of methods for assessing the ecological state of soils, agroecological monitoring, which involves the study and generalization of statistical materials for the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic, it has been established that promising directions for assessing the ecological state of soils are: taking into account the influence of pollution of various nature on it; combination in the ways of different methods; application of functional-ecological approach; adaptation of methods to certain soil and climatic conditions of territories and specific types of soil; development of methods that have an environmental and economic effect.

Keywords: agricultural production, soil, ecology, agriculture, technology, assessment, state

For citation. Shekikhacheva L.Z. Methodological approaches to assessing the ecological state of the soil. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov* [Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022;1(35):23–34.
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-23-34

Введение. Все большее антропогенное влияние на экосистемы требует новых эффективных методов их мониторинга и диагностики состояния объектов окружающей среды.

Мировая практика свидетельствует о перспективности использования биологических объектов в выявлении антропогенно и техногенно обусловленной деградации природных и трансформированных экосистем, установлении долгосрочных тенденций их изменений и буферной способности биологических систем относительно факторов различной природы [1–4]. В последнее время, разрабатывая подходы к оценке экологического состояния почв, ученые всё больше ориентируются на методы, основанные на диагностировании изменений биотических и абиотических компонентов почв [5–8]. Однако, в России комплексные исследования с использованием биоиндикационных показателей, в частности, почвы в агроэкосистемах, пока не приобрели системный вид, а имеющиеся исследования носят фрагментарный характер.

Основа современного подхода при оценке качества объектов окружающей среды – принцип «сбалансированного функционирования» экосистемы, базирующийся на учёте взаимосвязи компонентов биоценоза и их взаимодействия с почвой. Основными показателями указанного подхода являются количество и качество производимой продукции, биологическое разнообразие и др. [9–11].

Переоценить экологическую функцию почвы в биосфере невозможно. Почва всегда была и находится в центре практически всех биосферных процессов, является связующим звеном между биологическим и геологическим круговоротом. Кроме того, почва – это экологическая ниша для огромного количества живых микро- и макроорганизмов [12–16].

Одна из важнейших экологических функций почвы, реализуемая посредством создания необходимых для жизнедеятельности живых организмов условий (трофических, физико-химических, физических, гидротермических и т.п.) является формирование и поддер-

жание разнообразия форм жизни. В свою очередь, условия почвенной среды формируют и обеспечивают функционирование микробиоценозов, фитоценозов и группировок фауны, напрямую зависящие от факторов окружающей среды.

Растения, животные, микроорганизмы и почва в естественных условиях прошли длительный путь к эволюции, и их тесная взаимосвязь сохраняется на разных иерархических уровнях структурно-функциональной организации этой системы. Почвы, которые находятся на климаксовом уровне эволюции, обладают устойчивой поликомпонентной группировкой биоты, разнообразие, жизненные формы и физиологические функции которых отражают их свойства. Тем не менее, эволюционно сформированное единство почвы и биоразнообразия является достаточно уязвимым и может устойчиво функционировать лишь при условии сохранения целостности всех компонентов и природных ландшафтов в целом [17–19].

Стабильность и нормальное функционирование биоты обеспечивает огромный микробный пул, который отличается как значительным запасом микробной биомассы, так и огромным качественным разнообразием (микробный генофонд), обеспечивающим течение многих тысяч биохимических реакций. Уменьшение пула микроорганизмов и оскуднение его видового разнообразия приводят к функциональным нарушениям, например, снижение способности к азотфиксированию, гумусообразованию и структурообразованию и т.д.

Экологическая оценка состояния почвы состоит из биологического мониторинга – контроля ее состояния с использованием живых организмов, биодиагностики – выявления причин изменения состояния среды с помощью видов-индикаторов, включающего биоиндикацию и биотестирование.

Важной составляющей методологической основы оценки экологического состояния почвы является система показателей контроля, выбор которых обусловлен необходимостью адекватной характеристики основных функций почвы, почвообразующих или почворазрушающих процессов, а также основных процессов, связанных с ростом, развитием и питанием растений. Кроме того, основными требованиями к показателям биологической активности почвы, которые должны быть привлечены для проведения биодиагностических исследований, являются: информативность, высокая чувствительность, репрезентативность, доступность в методическом выполнении.

Преимуществами биологических индикаторов по сравнению с другими являются [20–23]: высокая чувствительность к действию внешних факторов; возможность прослеживания негативных процессов на начальных стадиях их развития.

Микробиологические показатели почвы, как наиболее информативные и чувствительные, должны учитываться при проведении комплексного мониторинга почв. Кроме того, была обоснована важность и целесообразность учета микробиологических показателей за проведение агрохимической паспортизации земель сельскохозяйственного назначения для всесторонней оценки плодородия почв [24].

Однако в России не разработана единая общепринятая система биомониторинга почв природных и антропогенно измененных экосистем по биологическим показателям. Несмотря на актуальность проблемы сбалансированного использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, до сих пор отсутствует унифицированная система биодиагностических показателей (критериев) биохимических и микробиологических процессов, по которым можно было бы провести превентивную оценку и мониторинг негативных изменений и явлений почвы при антропогенном воздействии, а также разработать меры по их устранению. В современных научных трудах предложены только определенные показатели/критерии экологической оценки почвы и агротехнологий.

Цель исследования – научное обоснование рациональных методических подходов к оценке экологического состояния почвы.

Материалы, методы и объекты исследования. Объект исследования – почвы Кабардино-Балкарской Республики. Исследования базируются на результатах анализа методов оценки экологического состояния почв, результатов агроэкомониторинга на основе изучения и обобщения материалов Росстата [25,

26], Минприроды РФ [27], данных отечественной и зарубежной научной литературы.

Результаты исследования. Большинство отечественных исследователей, изучая биологическую активность почвы в природных и антропогенно измененных экосистемах, сосредоточили внимание на мониторинге или изучении влияния некоторых факторов на состояние и активность микробных группировок [1–10]. Однако без их внимания оставался вопрос зависимости состояния микробиоценоза почвы и ее биохимической активности от комплекса факторов, в т.ч. и с учетом изменчивости параметров климатической системы.

В агроэкосистеме при проведении биодиагностических исследований уделяют внимание биологической активности почвы, которую рассматривают как суммарный результат протекающих биохимических процессов, обусловленных жизнедеятельностью почвенной микробиоты. Полифункциональность микроорганизмов дает им возможность принимать участие в противолежащих биохимических реакциях почвы, обеспечивая при этом функционирование, продуктивность и гомеостаз экосистемы. Биологическая активность почвы является отражением их способностик выполнению своих функций. Она играет определяющую роль в обеспечении экологической устойчивости.

Биологическое диагностирование состояния почв обеспечивает определение характера и степени антропогенного воздействия на почвенный покров на начальных стадиях развития деградационных процессов [28, 29].

Оценка экологического состояния почвы – это определение соответствия протекания процессов в исследуемых почвах их природным аналогам, что позволяет выявить допустимое значение того или иного фактора, в т.ч. агротехнического, установленного по критерию соответствия нормальному функционированию природной экосистемы.

В экологических исследованиях почвы используются два вида экологических стандартов. Первый – это естественный стандарт – соответствует целинным, ненарушенным почвам, не подвергшимся антропогенному воздействию. Второй – антропогенный экологический стандарт, сформировавшийся при длительном влиянии любой деятельности человека. Для агроэкосистемы за такой стандарт принимают контрольные варианты (участки), которые испытывают длительное систематическое антропогенное влияние.

Для выявления и оценки степени нарушения экосистемы предлагается сравнить любые ее показатели с аналогичными ненарушенной экосистемой, так называемого «эталона». Поэтому почвенный эталон – это почва в исходном состоянии, которая является своеобразной точкой отсчета для всех последующих сравнений при длительных систематических наблюдениях, в т.ч. мониторинга.

Самым объективным эталоном является целинная, желательно, абсолютно заповедная почва.Поэтому сравнение такой почвы с почвами, вовлеченными в сельскохозяйственное производство, дает достоверную информацию о трансформации последних в результате хозяйственной деятельности. Из-за недостаточного количества целинных аналогов подобным эталоном может быть участок, не находившийся в сельскохозяйственной эксплуатации не менее 20-25 лет.

Микроорганизмы почвы являются чувствительным индикатором среды обитания.Они способны выявлять те малейшие изменения, которые происходят в почве при действии факторов различной природы и происхождения, тогда как на уровне высших организмов (например, растения) такие изменения проявляются значительно позже. Собственно, микробиота, ее таксономическая и функциональная структура и активность могут выступать как экологические и биохимические индикаторы действия различных антропогенных факторов и изменения почвенно-климатических условий, т.е. микроорганизмы – важный информативный показатель протекающих в почве процессов и изменений в ней.

Микробиологическая характеристика почвы – самый сложный раздел почвенной биодиагностики. Существуют сомнения в возможности сбора всей информации о составе и функциях почвенной микробиоты (особенно бактерий), из-за их значительного разнообразия и полифункциональности.

Разница в чувствительности компонентов микробной группировки почвы к воздействию разнообразных факторов, в т.ч. антропогенных, способствует выпадению менее устойчивых его звеньев, нарушению природно-

го равновесия между определенными группами микроорганизмов, что приводит к изменению активности отдельных стадий процессов кругооборота биогенных элементов, что, в конечном итоге, ведет к таким негативным последствиям, как деградация почв, их дегумификация, нарушение экологических функций и пр. В числе фактологических и функциональных критериев состояния почвенного микробиоценоза традиционно используют численность микроорганизмов определенных эколого-трофических и функциональных групп [30].

Любой микробиоценоз состоит из микроорганизмов различных функциональных и таксономических групп, отличающихся требованиями к условиям среды, питания и источникам энергии. Количественное соотношение между этими группами полностью зависит от условий окружающей природной среды (абиотических и биотических факторов), в которых и формируется микробиоценоз.

Способность экосистемы поддерживать гомеостаз, то есть состояние динамического равновесия, определяется сложностью полифункциональных связей и видовым разнообразием почвенных микроорганизмов, традиционно оцениваемой с использованием экологических индексов Шеннона и Симпсона.

В исследованиях видового биоразнообразия почвенных микроорганизмов существуют определенные методические ограничения. В частности, определение и идентификация микроорганизмов в почве. Однако на сегодняшний день более объективным методом изучения разнообразия микроорганизмов в почве остается использование молекулярно-генетических методов, которые дают возможность получения наиболее достоверной информации о биоразнообразии, состоянии и активности микробной группировки. Поэтому система биодиагностических критериев обязательно должна предусматривать использование молекулярно-генетических показателей. С помощью современных аналитических методов проводятся выделение и анализ общей почвенной микробной ДНК почвы, применение методов полимеразной цепной реакции, устанавливается видовое биоразнообразие микроорганизмов различных типов почвы и влияние агромероприятий.

Экологическое состояние почвы агроэкосистемы характеризуют различные показатели уровня его биологической активности, которые зависят от типа и плодородия почвы, а также применяемых агромероприятий [31, 32]. Следовательно, микробная группировка количественно и качественно меняется при внесении в почву любого субстрата, особенно органического происхождения, отличающихся по питательности, составу веществ, интенсивности деструкции и т.д., поэтому активизируют различные по функциональности почвенные микробные популяции. Следует учитывать, что деструкция органических веществ и ассимиляция микробной группировкой и растениями доступных продуктов их разложения повышает производительность агроэкосистем не только в аспекте получения сельскохозяйственной продукции, но и в аспекте восстановления, сохранения и повышения плодородия почв.

Структура почвенной микробной группировки может служить диагностическим критерием, так как эта структура может изменяться под действием изменения параметров окружающей среды.

Значимым показателем состояния микробиоценоза почвы является соотношение численности определенных эколого-трофических групп микроорганизмов, отражающее направленность происходящих в почве микробиологических процессов в направлении деградации или восстановления его плодородия. В частности, высокое или растущее в структуре микробиоценоза соотношение микромицеты: бактерии в почве предложено использовать как индикатор возврата экосистемы к природному состоянию. Также соотношение бактерий и микромицетов в почвенной микробной биомассе дает представление об аккумуляции или секвестрировании карбона почвами, а следовательно, может характеризовать их газопродукционные свойства и быть фактором регулирования эмиссии CO_2 и N_2O.

Также широко используются определенные виды микроорганизмов как тест-объекты. В частности, в большинстве исследований экологического состояния почвы используют бактерии рода Azotobacter в качестве индикатора благоприятных экологических условий почвенной среды. Особенно чувствительным

к отрицательному воздействию природных и антропогенных факторов, в частности загрязнителей, является вид *Azotobacterchroococcum* [33-35].

Микробная биомасса – важный, живой и лабильный компонент органического вещества почвы и его природный микробный потенциал. В связи с этим данный показатель можно использовать при оценке состояния микробиоценоза и почвы. К примеру, скорость оборота микробной биомассы – 0,5-2 года, органического вещества почвы – более 20 лет, что позволяет использовать показатели изменений микробной биомассы при оценке состояния органического вещества почвы.

Программой стандартного мониторинга почв России предложены следующие биодиагностические показатели: активность процесса азотфиксирования, нитрификационная, аммонификационная идентификационная способность, активность ферментов пероксидазы, полифенолоксидазы, дегидрогеназы, инвертазы, а также суммарная биологическая активность по показателю эмиссии. Однако такие показатели биологической активности почвы носят только рекомендательный характер.

Актуальной проблемой остается поиск эффективных способов интегрирования данных экологического мониторинга почв.

Известно большое количество методических подходов и схем расчета индексов состояния почвы, значения которых сопоставляются с уровнями техногенной нагрузки и/или категориями качества окружающей природной среды. Также широко применяется математическое моделирование биологических процессов в почве [36].

В практике исследований широко используют интегрированные показатели экологического состояния почвы: отклонение численности микроорганизмов от пределов их природной нормы, содержание органического карбона, содержание карбона и нитрогена в микробной биомассе, долямикробного от общего органического карбона почвы, общая биогенность и т.д. [37, 38].

Для характеристики изменений почвы также предложено использовать показатель экологической устойчивости (ЕС) как соотношение разности респираторной активности почвы природной экосистемы (целины) и исследуемых агроландшафтов. Установлено, что по значениям показателя ЕС < 30% – почва характеризуется высоким, 30-60% – средним, 61-100% – низким, ЕС >101% – очень низким уровнем экологической устойчивости [39].

Многочисленными исследованиями доказано, что надежный индикатор экологической целесообразности применения тех или иных доз минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур – реакция почвенных микроорганизмов на концентрацию удобрений в почве. Предложенная методика установления экологически целесообразных доз азотных удобрений базируется с одной стороны на особенностях пространственных и функциональных взаимоотношений растений и микроорганизмов, а с другой – на результатах определения и сопоставления активности противоположных биосферных процессов, азотфиксирование и денитрификация в корневой зоне растений. По соотношению активности процессов азотфиксирования и эмиссии закиси азота предложены коэффициенты экологической целесообразности уровней азотного удобрения, которые могут служить важными критериями оценки экологического состояния агроценоза в целом. Сравнение этих коэффициентов позволяет определить целесообразность или избыточность минерального удобрения в определенный промежуток времени, поэтому может быть основой для оценки влияния экологических факторов на состояние агроценоза [38, 39].

Для интегральной оценки экологического состояния почвенной экосистемы перспективно использование коэффициента общей биологической активности почвы, который включает уровень активности ферментов, численность микроорганизмов, микромицетов, водорослей и цианобактерий, степень развития высших растений и пр. [39].

В современных экологических исследованиях получил широкое применение метод «Триад» [39], включающий анализ функции «желательности» и позволяющий перевести фактические значения химических, биологических и токсикологических показателей в единую безразмерную шкалу с зафиксированными пределами. Основное преимущество данного метода – формализация данных от-

носительно реакции живых объектов, биоиндикационных изменений натурных группировок микроорганизмов и данных о химическом загрязнении в виде интегрального индекса экологического состояния.

Следует отметить, что доказана максимальная эффективность диагностики и мониторинга почвенного покрова биохимическими методами. В частности, важным показателем, который определяет состояние и активность микробиоценоза почвы под воздействием различных внешних факторов, является ферментативная активность. Исследования в этой области проводились многими учеными [40, 41], которые установили высокую эффективность и перспективность использования этого показателя для диагностики динамики плодородия почвы при влиянии различных антропогенных и природных факторов на экосистемы и экологическое состояние.

Предлагается использовать ферментативную активность в качестве потенциального индикатора качества почвы благодаря тесной связи с почвенной биотой, легкостью и доступностью определения, а также быстрому отклику на изменения, вызванные влиянием антропогенных факторов.

Выводы. Анализ действующего в РФ информационного обеспечения оценки экологического состояния почв показал, что перспективными в этом направлении являются: проведение комплексной оценки почвы как полифункциональной биокосной системы с учетом влияния на него загрязнения различной природы (тяжелые металлы, нефтепродукты, радиоактивное загрязнение и т.п.); комбинация в способах разных методов (полевых, химических, биологических, картографических и т.п.); применение функционально-экологического подхода; адаптированность способов к определенным почвенно-климатическим условиям территорий и конкретным типам почвы; разработка способов, имеющих эколого-экономический эффект.

Оценка состояния и активности микробиоценоза почвы, его биоразнообразие может служить для решения ряда экологических задач, в частности, определения влияния антропогенной деятельности (в т.ч. различных агромероприятий), временной устойчивости экосистемы к воздействию тех или иных антропогенных факторов и т.д. Поэтому почвенно-биологические исследования не могут оставаться без внимания при мониторинге различных экосистем и должны быть положены в основу контрольной функции состояния почвенной среды. Эта функция необходима для разработки стратегических подходов рационального использования почвенных ресурсов, их защиты от деградации, истощения и опустынивания, восстановления плодородия почвы и разработки экологически безопасных агротехнологий.

Список источников литературы

1. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. 237 с.

2. Патова Е.Н., Кузнецова Е.Г. Экологический мониторинг: учебное пособие. Сыктывкар: СЛИ, 2013. 52 с.

3. Калинин В.М., Рязанова Н.Е. Экологический мониторинг природных сред: учебное пособие. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. 203 с.

4. Федеральный закон №136-ФЗ «Земельный кодекс Российской Федерации» от 25.10.2001 (ред. от 30.12.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.01.2022).

5. Гогмачадзе Г.Д. Агроэкологический мониторинг почв и земельных ресурсов Российской Федерации. М.: Издательство Московского университета, 2010. 587 с.

6. Соловьев В.М. Агроэкологический мониторинг земель // Агрохимический вестник. 2004. № 3. С. 6–7.

7. Минкина Т.М. Методические аспекты почвенно-экологического мониторинга // Плодородие. 2002. № 5 (8). С. 33–35.

8. Чекмарёв П.А., Лукин С.В. Мониторинг плодородия пахотных почв Центрально-Черноземных областей России // Агрохимия. 2013. №4. С. 11–22.

9. Гогмачадзе Г.Д., Гогмачадзе Л.Г. О некоторых результатах агроэкологического мониторинга почв и земельных ресурсов Российской Федерации в 2019 году // АгроЭкоИнфо. 2021. №4. DOI: https://doi.org/10.51419/20214410

10. Драган Н.А. Мониторинг и охрана почв: учебное пособие. Симферополь: Изд-во ТНУ, 2008. 172 с.

11. Шекихачев Ю.А. Мониторинг кризисных ситуаций на мелиорированных землях // В сб.: Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия. Международная научно-практическая конференция. КБГАУ. Нальчик, 2021. С. 78–381.

12. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Хажметов Л.М. и др. Комплекс технологий и технических средств возделывания сельскохозяйственных культур в системе органического земледелия с использованием инновационных биологических средств защиты, методов мелиорации и экологизации. Нальчик, 2020. 216 с.

13. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Пазова Т.Х. и др. Математическое моделирование процесса возникновения водной эрозии // АгроЭкоИнфо. 2020. № 2 (40). С. 20.

14. Шекихачева Л.З. Научно обоснованные принципы почвозащитной системы земледелия // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2021. № 4 (34). С. 86–90.

15. Шекихачева Л.З. Методические основы диагностики эродированности почв // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2021. № 2 (32). С. 108–114.

16. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А. Анализ последствий антропогенного воздействия на окружающую среду // Сборник научных трудов XI Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик, 2021. С. 65–69.

17. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А. Формирование высокопродуктивных экологически устойчивых аграрных производственных систем в условиях интенсивной антропогенной нагрузки // В сб.: Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия. Международная научно-практическая конференция. КБГАУ, 2021. С. 216–219.

18. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Хажметов Л.М. и др. Инновационные технологические и технические решения по повышению плодородия почв в условиях склоновых эродированных черноземных почв Юга России. Нальчик, 2018. 264 с.

19. Шекихачев Ю.А., Апажев А.К., Фиапшев А.Г. Проблемы перехода к ландшафтному землепользованию на Юге России // Векторы развития современной науки. 2016. С. 46.

20. Головатый С.Е., Савченко С.В., Позняк С.С. и др. Мониторинг и использование земельных ресурсов: учебное пособие. Минск: МГЭУ, 2009. 149 с.

21. Масютенко Н.П., Глазунов Г.П., Кузнецов А.В. и др. Система показателей агроэкологической оценки эродированных черноземов // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 11. С. 7–11.

22. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: Росинформагротех, 2003. 240 с.

23. Maximova M.V. Spatial objects monitoring // European Researcher. 2012. Vol. (36). No. 12-1. Pp. 2114–2117.

24. Сычев В.Г., Лунев М.И., Павлихина А.В. Современное состояние и динамика плодородия пахотных почв России // Плодородие. 2012. № 4. С. 5–7.

25. Охрана окружающей среды в Российской Федерации в 2010-2020 гг. Статистический сборник. М.: Росстат.

26. Российский статистический ежегодник 2010-2020 гг. М.: Росстат.

27. Государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010-2020 гг.». М.: Минприроды РФ.

28. KyulE.V., ApazhevA.K., KudzaevA.B.etal. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards // Indian Journal of Ecology. 2017. Vol. 44. No. 2.

29. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Hazhmetov L.M. et al. Mathematical model of the effective use of reclaimed lands in the South of Russia // Journal of Physics: Conference Series. 1889. 2021. 032033.

30. Шекихачева Л.З. Оценка экологического состояния мелиорируемых земель // В сб.: Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность. VII Международная научно-практическая конференция. Нальчик, 2021. С. 250–253.

31. Баранников В.Д., Кириллов Н.К. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции. М.: Колос, 2006. 352 с.

32. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Fiapshev A.G.et al. Energy efficiency of improvement of agriculture optimization technology and machine complex optimization // E3S Web of Conferences. 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019. Vol. 124.2019. 05054.

33. Сытников Д.М. Биотехнология микроорганизмов азотфиксаторов и перспективы применения препаратов на их основе // Биотехнология. 2013. №4. С. 16–22.

34. Carro L. Rhizobium promotes non-legumes growth and quality in several production steps: towards a biofertilization of edible raw vegetables healthy for humans // PLoS ONE. 2015. V. 7. No. 5. Pp. 156–162.

35. Тихонович И.А., Круглов. Ю.В. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия // Плодородие. 2016. № 5. С. 9–12.

36. Da Silva A.P., Kay B.D., Perfect E. Characterization of the least limiting water range of soils // Soil Sci. Soc. Am. 1994. J. 58. Pp. 1775–1781.

37. Letey J. Relationship between soil physical properties and crop production // Adv. SoilSci. 1985. Vol. 1. Pp.277–294.

38. Балашов Е.В., Моисеев К.Г. Нормативы оценки оптимизации физических параметров почв, обеспечивающие совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур в полевых и регулируемых условиях. Санкт-Петербург: АФИ, 2009. 20 с.

39. Коновалов А.Г., Рисник Д.В., Левич А.П.и др. Обзор подходов к оценке экологического состояния и нормированию качества почв // Биосфера. 2017. Т. 9. № 3. С. 214–229.

40. Колесников С.И., Пономарева С.В., Казеев К.Ш. и др. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами: Ba, Mn, Sb, Sn, Sr, V, W. Ростов н/Д: Эверест, 2008. 200 с.

41. Microbiological Methods For Assessing Soil Quality / eds. J. Bloem, D.W. Hopkins, A. Benedetti. Oxfords; Cambridge: CABI Publishing, 2006. 336 p.

References

1. Motuzova G.V., Bezuglova O.S. *Ekologicheskij monitoring pochv* [Environmental monitoring of soils]. M.: AkademicheskijProekt; Gaudeamus, 2007. 237 p. (In Russ.)

2. Patova E.N., Kuznecova E.G. *Ekologicheskij monitoring* [Environmental monitoring]: *uchebnoe posobie*. Syktyvkar: SLI, 2013. 52 p. (In Russ.)

3. Kalinin V.M., Ryazanova N.E. *Ekologicheskij monitoring prirodnyhsred* [Ecological monitoring of natural environments]: *uchebnoe posobie.* M.: NIC INFRA-M, 2015. 203 p. (In Russ.)

4. *Federal'nyjzakon №136-FZ «Zemel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii» 25.10.2001 (red. ot 30.12.2021)* [Federal Law No. 136-FZ «Land Code of the Russian Federation» dated October 25, 2001 (as amended on December 30, 2021)]. (In Russ.)

5. Gogmachadze G.D. *Agroekologicheskij monitoring pochvi zemel'nyh resursov Rossijskoj Federacii* [Agroecological monitoring of soils and land resources of the Russian Federation]. M.: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 2010. 587 s. (In Russ.)

6. Solov'ev V.M. Agroecological land monitoring. *Agrohimicheskij vestnik* [Agrochemical Herald]. 2004;3:6–7. (In Russ.)

7. Minkina T.M. Methodological aspects of soil-ecological monitoring. *Plodorodie*. 2002; 5(8):33–35.(In Russ.)

8. Chekmaryov P.A., Lukin S.V. Monitoring of the fertility of arable soils in the Central Black Earth regions of Russia. *Agrohimiya* [Agrohimia]. 2013;4:11–22. (In Russ.)

9. Gogmachadze G.D., Gogmachadze L.G. On some results of agroecological monitoring of soils and land resources of the Russian Federation in 2019. *AgroEkoInfo*. 2021:4. DOI: https://doi.org/10.51419/20214410. (In Russ.)

10. Dragan N.A. *Monitoring iohranapochv* [Soil monitoring and protection]: uchebnoe posobie. Simferopol': Izd-vo TNU, 2008. 172 p. (In Russ.)

11. Shekihachev Yu.A. Monitoring of crisis situations on reclaimed lands. *V sb.: Nauka, obrazovanie I biznes: novy jvzglyad ili strategiya integracionnogo vzaimodejstviya. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferencia* [In: Science, education and business: a new look or strategy of integration interaction. International scientific and practical conference]. KBGAU. Nal'chik, 2021: 378–381. (In Russ.)

12. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A., Hazhmetov L.M. et al. *Kompleks tekhnologijitekhnicheskih sredstv vozdelyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur v sisteme organicheskogo zemledeliya s ispol'zovaniem innovacionnyh biologicheskih sredstv zashchity, metodov melioracii i ekologizacii* [A complex of technologies and technical means of cultivating agricultural crops in the system of organic farming using innovative biological means of protection, melioration and ecologization methods]. Nal'chik, 2020. 216 p. (In Russ.)

13. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A., Pazova T.H. et al. Matematicheskoe modelirovanie processa vozniknoveniya vodnoj erozii [Mathematical modeling of the process of water erosion occurrence]. *AgroEkoInfo*. 2020;2(40):20. (In Russ.)

14. Shekihacheva L.Z. Science-based principles of soil-protective farming system. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2021;4(34):86–90. (In Russ.)

15. Shekihacheva L.Z. Methodological bases for diagnosing soil erosion. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University. named after V.M. Kokov]. 2021;2(32):108–114. (In Russ.)

16. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A. Analysis of the consequences of anthropogenic impact on the environment. *Sborniknauchnyhtrudov XI Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskо jkonferencii* [Collection of scientific papers of the XI All-Russian (national) scientific and practical conference]. Nal'chik, 2021:65–69. (In Russ.)

17. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A. Formation of highly productive environmentally sustainable agricultural production systems under conditions of intensive anthropogenic load. *V sb.: Nauka, obrazovanieibiznes: novyj vzglyad ili strategiya integracionnogo vzaimodejstviya. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferencia* [In: Science, education and business: a new look or strategy of integration interaction. International scientific and practical conference]. Nal'chik, 2021:216–219. (In Russ.)

18. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A., Hazhmetov L.M. et al. *Innovacionnye tekhnologicheskie i tekhnicheskie resheniya po povysheniyu plodorodiya pochv v usloviyah sklonovyh erodirovannyh chernozemnyh pochv Yuga Rossii* [Innovative technological and technical solutions

to improve soil fertility in the conditions of slope eroded chernozem soils in the South of Russia]. Nal'chik, 2018. 264 p. (In Russ.)

19. Shekihachev Yu.A., Apazhev A.K., Fiapshev A.G. Problems of transition to landscape land use in the South of Russia. *Vektory razvitiya sovremennoj nauki* [Vectors of development of modern science]. 2016. 46 p. (In Russ.)

20. Golovatyj S.E., Savchenko S.V., Poznyak S.S. et al. *Monitoring I ispol'zovanie zemel'nyh resursov* [Monitoring and use of land resources]: *uchebnoe posobie*. Minsk: MGEU, 2009. 149 p. (In Russ.)

21. Masyutenko N.P., Glazunov G.P., Kuznecov A.V. et al. System of indicators of agroecological assessment of eroded chernozems. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of the APK]. 2016;11:7–11. (In Russ.)

22. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoring plodorodiya pochv zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya* [Guidelines for conducting comprehensive monitoring of soil fertility of agricultural land]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2003. 240 p. (In Russ.)

23. Maximova M.V. Spatial objects monitoring. European Researcher. 2012;(36)12-1:2114–2117.

24. Sychev V.G., Lunev M.I., Pavlihina A.V. *Sovremennoe sostoyanie i dinamika plodorodiya pahotnyh pochv Rossii* [Current state and dynamics of fertility of arable soils in Russia]. *Plodorodie*. 2012;4:5–7. (In Russ.)

25. *Ohrana okruzhayushchej sredy v Rossijskoj Federacii v 2010-2020 gg.* [Environmental protection in the Russian Federation in 2010-2020]. Statisticheskij sbornik. M.: Rosstat. (In Russ.)

26. *Rossijskij statisticheskij ezhegodnik 2010-2020 gg.* [Russian Statistical Yearbook 2010-2020]. M.: Rosstat. (In Russ.)

27. *Gosudarstvennye doklady «O sostoyaniii ob ohrane okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federacii v 2010-2020 gg.»* [State reports «On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2010-2020»]. Moscow: Minprirody RF. (In Russ.)

28. Kyul E.V., Apazhev A.K., Kudzaev A.B. et al. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards. *Indian Journal of Ecology*. 2017;44:2.

29. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Hazhmetov L.M. et al. Mathematical model of the effective use of reclaimed lands in the South of Russia. *Journal of Physics: Conference Series*. 1889. 2021. 032033.

30. Shekihacheva L.Z. Assessment of the ecological state of reclaimed lands. *V sbornike: Sel'skohozyajstvennoe zemlepol'zovanie I prodovol'stvennaya bezopasnost'. VII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferencia* [In the collection: Agricultural land use and food security. VII International Scientific and Practical Conference]. Nal'chik, 2021:250–253. (In Russ.)

31. Barannikov V.D., Kirillov N.K. *Ekologicheskaya bezopasnost' sel'skohozyajstvennoj produkcii* [Environmental safety of agricultural products]. M.: Kolos, 2006. 352 p. (In Russ.)

32. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Fiapshev A.G. et al. Energy efficiency of improvement of agriculture optimization technology and machine complex optimization.*E3S Web of Conferences*. 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019;124:2019. 05054.

33. Sytnikov D.M. Biotechnology of nitrogen-fixing microorganisms and prospects for the use of preparations based on them. *Biotekhnologiya* [Biotechnology]. 2013;4:16–22. (In Russ.)

34. Carro L. Rhizobium promotes non-legumes growth and quality in several production steps: towards a biofertilization of edible raw vegetables healthy for humans. *PLoS ONE*. 2015;7(5):156–162.

35. Tihonovich I.A., Kruglov. YU.V. Microbiological aspects of soil fertility and problems of sustainable agriculture. *Plodorodie*. 2016;5:9–12. (In Russ.)

36. Da Silva A.P., Kay B.D., Perfect E. Characterization of the least limiting water range of soils. *Soil Sci. Soc. Am.*1994;58:1775–1781.

37. Letey J. Relationship between soil physical properties and crop production. *Adv. SoilSci*. 1985;1:277–294.

38. Balashov E. V., Moiseev K. G. *Normativy ocenki optimizacii fizicheskih parametrov pochv, obespechivayushchie sovershenstvovanie tekhnologij vozdelyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur v polevyh i reguliruemyh usloviyah* [Standards for assessing the optimization of the physical parameters of soils, ensuring the improvement of technologies for the cultivation of agricultural crops in field and controlled conditions]. St. Petersburg: AFI, 2009. 20 p. (In Russ.)

39. Konovalov A.G., Risnik D.V., Levich A.P. et al. Review of approaches to assessing the ecological state and standardizing soil quality. *Biosfera*. 2017;9(3):214–229. (In Russ.)

40. Kolesnikov S.I., Ponomareva S.V., Kazeev K.SH. et al. *Ekologicheskie posledstviya zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami: Ba, Mn, Sb, Sn, Sr, V, W* [Ecological consequences of soil pollution with heavy metals: Ba, Mn, Sb, Sn, Sr, V, W]. Rostov n/D: Everest, 2008. 200 p. (In Russ.)

41. Microbiological Methods For Assessing Soil Quality / eds. J. Bloem, D.W. Hopkins, A. Benedetti. Oxfords; Cambridge: CABI Publishing, 2006. 336 p.

Сведения об авторе

Шекихачева Людмила Зачиевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и экспертизы недвижимости, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 6853-7172, Author ID: 480041, Scopus Author ID: 57211228810, Researcher ID: AAF-8391-2019

Information about the author

Ludmila Z. Shekikhacheva – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Real Estate Expertise, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», SPIN-code: 6853-7172, Author ID: 480041, Scopus Author ID: 57211228810, Researcher ID: AAF-8391-2019

Статья поступила в редакцию 11.02.2022; одобрена после рецензирования 04.03.2022; принята к публикации 09.03.2022.

The article was submitted 11.02.2022; approved after reviewing 04.03.2022; accepted for publication 09.03.2022.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

Научная статья
УДК 637.04: 661.155.3: 636.32/38
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-35-41

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АМИНОКИСЛОТНОГО СКОРА БЕЛКОВ МЯСА БАРАНЧИКОВ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ РАЦИОНОВ ЭССЕНЦИАЛЬНЫМИ МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ

Антон Николаевич Козин[✉1], **Ирина Александровна Сазонова**[2], **Светлана Олеговна Сазонова**[3]
[1,3]Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, ул. Театральная пл., 1, г. Саратов, Россия, 410012
[2]Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, ул. 4-й Институтский проезд, 4, г. Саратов, Россия, 410000
[✉1]a.kozin.90@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-8674-4382
[2]iasazonova@mail.ru
[3]svetka.sazonova1996@yandex.ru

Аннотация. Качество мяса, в первую очередь, характеризуют белки мышечной ткани. Аминокислотный состав и соотношение незаменимых аминокислот – главные показатели биологического потенциала белка. В работе был проведен научно-хозяйственный опыт по использованию кормовых добавок с микроэлементами селеном и цинком в рационе баранчиков. В данной статье описано влияние добавок «Йоддар-Zn» и «ДАФС-25», обогащенных эссенциальными элементами, на биологическую ценность мяса молодняка овец эдильбаевской породы. Лабораторным путем определены количественные показатели незаменимых аминокислот, которые свидетельствовали о полноценности белка данного вида мяса для всех изучаемых групп животных. Белок опытных животных содержал все необходимые для жизнедеятельности организма незаменимые аминокислоты. Рассчитан минимальный аминокислотный скор для каждой группы баранчиков. Полученные данные зафиксировали разные лимитирующие аминокислоты в изучаемых группах. Самое высокое значение минимального скора отмечалось у ягнят третьей опытной группы за счет аминокислоты лейцина. Сделан вывод, что животные, потреблявшие в рационе кормовую добавку с цинком и селеном в составе, имели более высокий потенциал использования белка мяса для пластических целей, который предположительно будет усваиваться организмом человека на 87%.

Ключевые слова: баранчики, эдильбаевская порода, эссенциальные микроэлементы, белок, аминокислоты, аминокислотный скор

Для цитирования: Козин А.Н., Сазонова И.А., Сазонова С.О. Сравнительная характеристика аминокислотного скора белков мяса баранчиков при обогащении рационов эссенциальными микроэлементами // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 35–41. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-35-41

© Козин А.Н., Сазонова И.А., Сазонова С.О., 2022

Research Article

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE AMINO ACID PROTEIN RATE OF LAMB MEAT WHEN ENRICHING DIETS WITH ESSENTIAL MICROELEMENTS

Anton N. Kozin✉[1], **Irina A. Sazonova**[2], **Svetlana O. Sazonova**[3]
[1,3]Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, st. Theater Square, 1, Saratov, Russia, 410012
[2]Russian Research and Design Institute of Sorghum and Corn, st. 4th Institutskiy, Saratov, Russia, 410000
✉[1]a.kozin.90@mail.ru
[2]iasazonova@mail.ru
[3]svetka.sazonova1996@yandex.ru

Abstract. The quality of meat, first of all, characterizes the proteins of muscle tissue. The amino acid composition and the ratio of essential amino acids are the main indicators of the biological potential of a protein. In the work, a scientific and economic experiment was carried out on the use of feed additives with trace elements selenium and zinc in the diet of rams. This article describes the effect of additives «Yoddar-Zn» and «DAFS-25», enriched with essential elements, on the biological value of the meat of young sheep of the Edilbaev breed. Quantitative indicators of essential amino acids were determined in a laboratory, which indicated the usefulness of the protein of this type of meat for all studied groups of animals. The protein of experimental animals contained all the essential amino acids necessary for the life of the organism. The minimum amino acid score was calculated for each group of rams. The obtained data fixed different limiting amino acids in the studied groups. The highest value of the minimum score was observed in lambs of the third experimental group due to the amino acid leucine. It was concluded that animals that consumed a dietary supplement with zinc and selenium in the composition had a higher potential for using meat protein for plastic purposes, which is expected to be absorbed by the human body by 87%.

Keywords: sheep, edilbaevskaya breed, essential microelements, protein, amino acids, amino acid score

For citation: Kozin A.N., Sazonova I.A., Sazonova S.O. Comparative characteristics of the amino acid score of sheep meat proteins in the enrichment of diets with essential microelements. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022;1(35):35–41. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-35-41

Введение. Пищевая характеристика мяса животных зависит от химических компонентов тканей, которые формируются на протяжении всего онтогенеза животных и имеют принципиальные возрастные различия. Биологическую ценность мяса характеризуют прежде всего белки мышечной ткани. По мнению А.И. Опарина в организме белки участвуют в различных химических реакциях, при которых вовлекаются другие части живой материи, выполняют в организме функции пластического и энергетического материала, которые обеспечивают необходимую физиологическую и умственную работоспособность, определяют здоровье, активность и продолжительность жизни человека, в т.ч. в течение жизнедеятельности протоплазмы клеток. Такая особенность не свойственна другим веществам [1]. Установлено, что белки животного происхождения имеют хорошую способность усваиваться, что сопровождается с повышением усвоения белков растительного происхождения [2].

В то же время, важны не только показатели качества, которые отражают состав белкового компонента клеток, но и соотношение аминокислот в нем, необходимых для синтеза белка в организме человека. Горлов И.Ф. и соавт. утверждают, что основная ценность мяса заключается в наличии в нем сбалансированного количества незаменимых аминокислот, которые участвуют в полноценном синтезе белка в организме [3].

Одним из крупных сегментов мирового рынка мяса и продуктов его переработки является баранина. Особенная роль здесь принадлежит производству молодой баранины. Определяя положение мяса овец среди остальных видов, необходимо отметить, что в белке баранины по сравнению с говядиной больше содержится таких незаменимых аминокислот, как аргинин, треонин, триптофан, одинаковое количество метионина, а по сравнению со свининой – больше аргинина [4]. Глубокие научные исследования пищевой ценности баранины в зависимости от возраста, природно-климатических условий, породной принадлежности и технологии выращивания можно увидеть в работах многих ученых [5–8].

Необходимо учесть, что качество мяса во много зависит от наличия в нем эссенциальных элементов, в том числе йода и цинка. В то же время, важно не только производство баранины, но и получение полноценного мясного продукта, в том числе за счет обогащения мяса животных различными кормовыми добавками. Несмотря на имеющиеся многочисленные исследования по изучению влияния кормовых добавок в составе рационов мелкого рогатого скота на продуктивные особенности и качество мяса, результаты имеют противоречивый характер и требуют дополнительных исследований, а также и комплексной оценки результатов. Одновременно, интенсификация производства баранины позволит обеспечить население страны не только полноценным животным белком, но и одновременно решать проблему продовольственной безопасности.

Цель исследования – оценка биологической ценности белка баранины у овец эдильбаевской породы при скармливании в составе рационов кормовых добавок, содержащих эссенциальные микроэлементы.

Материалы, методы и объекты исследования. Научно-хозяйственный эксперимент был проведен на базе УПП «Экспериментальное животноводство» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ в Саратовской области, г. Красный Кут. Для реализации поставленной цели нами были сформированы четыре группы баранчиков эдильбаевской породы по методу пар-аналогов в четырех месячном возрасте по 25 голов в каждой.

Коллективом ученых ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» и ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» на основе «Йоддар-Zn» (ТУ 10.91.10-252-10514645-2019) и «ДАФС-25» (ТУ 10.91.10-253-10514645-2019) были разработаны кормовые добавки, содержащие эссенциальные микроэлементы йод и цинк [9].

Кормовые добавки вносили дополнительно к основному рациону один раз в сутки в смеси с концентратами, согласно инструкции по применению. Дозировка «Йоддар-Zn» – 100 г на 1 тонну концентрированных кормов, «ДАФС-25» – из расчета 1,6 мг на 1 кг корма в составе премиксов.

Контрольная группа получала к основному рациону только смесь кормовую для овец СК ОК-81-2 (СК) в количестве 250-300 грамм на голову. Опытные группы:

I – СК + Йоддар-Zn;

II – СК+ ДАФС-25;

III – СК + Йоддар- Zn + ДАФС-25.

По достижению животными семимесячного возраста был проведен контрольный убой баранчиков, типичных для каждой группы (n=3), отобраны образцы мяса из длиннейшей мышцы спины для определения аминокислотного состава на анализаторе «Капель 105М» методом капиллярного электрофореза.

Массовую долю аминокислоты триптофана в мышечной ткани определяли колориметрическим методом по развитию цветной реакции между продуктами распада триптофана, образующимися при его обработке концентрированной соляной кислотой, и n-диметиламинобензальдегидом в присутствии нитрата натрия.

Массовую долю аминокислоты оксипролина в мышечной ткани определяли по методу R. Neuman, M. Logan в модификации ВНИИМП, который основан на окислении оксипролина, выделенного при окислении навески соляной кислотой и проведении цветной реакции продуктов его окисления с парадиметиламинобензальдегидом. Измерение интенсивности развивающейся окраски проводили с помощью спектрофотометра при длине волны 558 нм.

Минимальный скор незаменимых аминокислот рассчитывали согласно методу Митчела и Блока путем деления определенной незаменимой аминокислоты в мышечной ткани и такой же аминокислоты в идеальном белке [10].

Статистическую обработку полученных результатов проводили по стандартным процедурам, с помощью приложения Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corp. USA) и пакета статистического анализа данных StatPlus 2009 Professional 5.8.4 for Windows (StatSoft Inc., USA), оценки достоверности различий между средними арифметическими сравниваемых выборок с использованием критерия Стьюдента.

Результаты исследования. В результате проведенных исследований установлено, что во всех группах подопытных животных белок мяса характеризуется содержанием всех незаменимых аминокислот, наличие которых делает мясо биологически полноценным продуктом (таблица 1).

Таблица 1. Незаменимые аминокислоты в белке мяса баранчиков эдильбаевской породы, г/100 г белка
Table 1. Essential amino acids in the protein of meat of lambs of the Edilbaev breed, g/100 g of protein

Наименование аминокислоты	Группы животных			
	контроль	I	II	III
Валин	4,4±0,1	4,4±0,1	4,4±0,1	4,6±0,1
Лизин	6,0±0,1	5,7±0,1	6,0±0,2	5,9±0,2
Фенилаланин	4,2±0,1	4,0±0,1	4,6±0,1	4,7±0,1
Лейцин	7,2±0,1	5,8±0,2	5,6±0,1	6,1±0,2
Изолейцин	6,0±0,2	6,1±0,2	5,0±0,1	6,4±0,2
Метионин	2,6±0,1	2,4±0,1	2,8±0,04	2,8±0,1
Треонин	3,3±0,1	6,6±0,2	2,9±0,1	6,9±0,2
Триптофан	1,9±0,01	1,7±0,03	3,9±0,01	1,9±0,01

Общеизвестно, что человеку в сутки необходимо потреблять по 3-4 г валина и изолейцина, 4-6 г лейцина, 3-5 г лизина, по 2-4 г метионина и фенилаланина, 2-3 г треонина и 1 г триптофана. В наших исследованиях мясо баранчиков достигает нормы каждой аминокислоты и даже превышает ее. То есть в день достаточно употребить 100 г белка мяса баранины, участвующей в эксперименте, чтобы покрыть суточную необходимость в незаменимых аминокислотах.

Известно, что белки характеризуются значительным различием, что обусловлено числом, видом и порядком чередования аминокислот в полипептидной цепи. Когда клетка синтезирует определенный белок, должны присутствовать все аминокислоты, входящие в его состав. Научно обоснованным является тот факт, что полное усвоение белка пищи зависит от содержания в нем аминокислот, которое должно иметь определенное соотношение, т.е. быть сбалансированным. На основе многолетних медико-биологических исследований ФАО (Комитет ООН по продовольствию и сельскому хозяйству) был предложен критерий для определения качества белка – эталон, имеющий наилучшую сбалансированность по незаменимым аминокисло-

там: триптофан – 1; лейцин – 3-4; изолейцин – 3; валин – 3; треонин – 2; лизин – 3; метионин – 3; фенилаланин – 4.

Известно, что в белке отсутствие хотя бы одной незаменимой аминокислоты приводит к неполноценности, что способствует замедлению обмена веществ и приводит к формированию нарушений в развитии и общему дисбалансу в организме. В связи с этим, определяя аминокислотный состав белка мяса, необходимо учитывать не только абсолютное количество, но и их соотношения, характеризующие их сбалансированность.

Минимальный скор незаменимых аминокислот отражает долю белка, доступного организму на пластические нужды, и является наиболее наглядным и информативным показателем качества белка. Именно та аминокислота, которая имеет минимальную величину скора, определяет биологическую ценность белка данного образца мяса.

В связи с этим, нами был рассчитан аминокислотный скор, который позволил выявить лимитирующие аминокислоты в белке мяса каждой изучаемой группы ягнят (таблица 2).

После расчета аминокислотного скора было выявлено, что у контрольной и опытной группы баранчиков, в рационе которой вводили кормовую добавку ДАФС-25, лимитирующей аминокислотой являлся треонин. Причем, потенциал использования незаменимых аминокислот в контрольной группе составил 83%, а во II опытной группе – 73%. В опытной группе ягнят, которые употребляли Йоддар-Zn, минимальный аминокислотный скор составил 80% за счет лимитирующей аминокислоты фенилаланина. III опытная группа, потреблявшая в своем рационе кормовую добавку с добавлением ДАФС-25 и Йоддар-Zn, имела возможность использования белка мяса для пластических целей на 87% за счет лимитирующей аминокислоты – лейцина. Он означает, что усвояемость белка мяса баранчиков будет составлять 87%. Данный показатель был наиболее высоким по сравнению с другими изучаемыми группами животных: на 8,8 абс.% с I опытной группой, 19 абс.% со II опытной группой и 4,8 абс.% с контролем. Следовательно, мясо III опытной группы баранчиков будет иметь самую высокую биологическую ценность. Максимальный аминокислотный скор в нашем опыте отмечался у триптофана в белке мяса всех изучаемых групп животных.

Выводы. Анализируя полученные результаты, можно сделать заключение о большом потенциале мяса молодняка овец эдильбаевской породы.

1. Установлено, что белок мяса баранчиков всех изучаемых групп содержит все незаменимые аминокислоты, наличие которых делает мясо биологически полноценным продуктом.

Таблица 2. Аминокислотный скор белка мяса баранчиков эдильбаевской породы, %
Table 2. Amino acid score of protein in meat of lambs of the Edilbaev breed, %

Наименование аминокислоты	Группы животных			
	контроль	I	II	III
Валин	110	88	88	92
Лизин	84	104	109	107
Фенилаланин	84	80	92	94
Лейцин	103	83	80	87
Изолейцин	150	153	125	160
Метионин	144	133	156	156
Треонин	83	165	73	173
Триптофан	190	170	390	190

2. Лимитирующими аминокислотами, определяющими ценность белка мясного продукта, являлись в разных группах: треонин, фенилаланин, лейцин, которые предполагали усвоение организмом белка на пластические цели от 73 до 87%.

3. Белок мяса опытной группы баранчиков, которым в рацион вводили кормовую добавку с селеном и цинком, имеет самую высокую биологическую ценность.

Список источников литературы

1. Опарин А.И. Белок как основа жизненных процессов: совещание по белку. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. С. 5–17.

2. Покровский В.И. Новая популярная медицинская энциклопедия. М.: Издательство «Энциклопедия», 2004. 768 с.

3. Горлов И.Ф., Мосолов А.А., Княжеченко О.А. и др. Качественные показатели говядины и баранины, полученных от животных, выращенных на естественных пастбищах // Аграрно-пищевые инновации. 2018. № 3(3). С. 20–25.

4. Пихтирева А.В. Аминокислотный состав мяса овец // Животноводство и ветеринарная медицина. 2016. № 3. С. 41–43.

5. Вологирова Д.А., Жекамухов М.Х. Питательная ценность и диетическое достоинство баранины // Пищевая индустрия. 2021. № 2(46). С. 42–43.

6. Ерохин А.И., Карасев Е.А., Ерохин С.А. Интенсификация производства и повышение качества мяса овец: монография; под ред. А.И. Ерохина. М.: МЭСХ, 2015. 304 с.

7. Novoselec J., Šalavardi´c Ž.K., Samac D. et al. Slaughter indicators, carcass measures, and meat quality of lamb fattened with spelt // Foods. 2021. 10 (4).

8. Козин А.Н., Молчанов А.В., Сазонова С.О. и др. Качественный состав мяса баранчиков эдильбаевской породы при обогащении рационов эссенциальными микроэлементами // Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса: Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. С. 178–182.

9. Кормовая добавка для молодняка овец: патент RU, Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Гиро Т.М. и др. № 2729387 С1. 2020.

10. Mitchell H.H., Block R.J. Some relationships between the amino acid contents of proteins and their nutritive values for the rat // J. Biol. Chem. 1946. Vol. 163. P. 599–606.

References

1. Oparin A.I. *Belok kak osnova zhiznennykh protsessov: soveshchaniye po belku* [Protein as the basis of life processes: a conference on protein]. 1948. M.-L.: Izd-vo AN SSSR (In Russ.)

2. Pokrovskiy V.I. *Novaya populyarnaya meditsinskaya entsiklopediya.* [New popular medical encyclopedia]. 2004. M.: Entsiklopediya. (In Russ.)

3. Gorlov I.F., Mosolov A.A., Knyazhechenko O.A. et al. Qualitative indicators of beef and mutton obtained from animals grown on natural pastures. *Agrarno-pishchevyye innovatsii.* [Agrarian and food innovations]. 2018;3(3):20–25. (In Russ.)

4. Pikhtireva A.V. Amino acid composition of sheep meat. *Zhivotnovodstvo i veterinarnaya meditsina.* [Livestock breeding and veterinary medicine]. 2016;3:41–43. (In Russ.)

5. Vologirova D.A., Zhekamukhov M.KH. Nutritional value and dietary value of lamb. *Pishchevaya industriya.* [Food industry]. 2021;2(46):42–43. (In Russ.)

6. Yerokhin A.I., Karasev Ye.A., Yerokhin S.A. *Intensifikatsiya proizvodstva i povysheniye kachestva myasa ovets* [Intensification of production and improvement of the quality of sheep meat]. M.: MESKH. 2015. (In Russ.)

7. Novoselec J., Šalavardi´c Ž.K., Samac D. et al. Slaughter indicators, carcass measures, and meat quality of lamb fattened with spelt. *Foods*. 2021:10(4).

8. Kozin A.N., Molchanov A.V., Sazonova S.O. et al. Qualitative composition of the meat of the edilbaev breed rams when enriching diets with essential microelements: *Molodezhnaya nauka – razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa* [Youth science for the development of the agro-industrial complex]. *Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya studentov, aspirantov i molodyh uchenyh*. 2020:178–182. (In Russ.)

9. *Kormovaya dobavka dlya molodnyaka ovets* [Feed additive for young sheep]. Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Giro T.M. et al. Patent RU № 2729387 C1. 2020.

10. Mitchell H.H., Block R.J. Some relationships between the amino acid contents of proteins and their nutritive values for the rat. J. Biol. Chem. 1946;163:599–606.

Сведения об авторах

Козин Антон Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», SPIN-код: 5427-1864, Author ID: 832524, Scopus Author ID: 57222151680

Сазонова Ирина Александровна – доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник отдела биохимии и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы», SPIN-код: 4554-4167, Author ID: 505766

Сазонова Светлана Олеговна – аспирант, факультет ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», SPIN-код: 9992-7289, Author ID: 1131676

Information about the authors

Anton N. Kozin – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Production Technology and Processing of Livestock Products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov», SPIN-code: 5427-1864, Author ID: 832524, Scopus Author ID: 57222151680

Irina A. Sazonova – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of the Department of Biochemistry and Biotechnology, Federal State Budgetary Scientific Establishment «Russian Research and Design Institute of Sorghum and Corn», SPIN-code: 4554-4167, Author ID: 505766

Svetlana O. Sazonova – Postgraduate student, Faculty of Veterinary Medicine, Food and Biotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov», SPIN-code: 9992-7289, Author ID: 1131676

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 07.02.2022; одобрена после рецензирования 28.02.2022; принята к публикации 04.03.2022.

The article was submitted 07.02.2022; approved after reviewing 28.02.2022; accepted for publication 04.03.2022.

Научная статья
УДК 636.234.1
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-42-50

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ТЕЛОК НА ИХ РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ

Юрий Анатольевич Колосов✉[1], **Анна Сергеевна Дегтярь**[2], **Галина Ивановна Панфилова**[3]
[1,2,3]Донской государственный аграрный университет, ул. Кривошлыкова, 24, п. Персиановский, Ростовская обл., Россия, 346493
✉[1]kolosov-dgau@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-6826-8009
[2]annet_c@mail.ru;
[3]galinap_28@mail.ru

Аннотация. В результате исследований, направленных на совершенствование красного степного скота, с использованием генофонда айрширского и голштинского красно-пестрого скота установлено, что полученные помеси отличались более высокой молочной продуктивностью. При изучении поголовья были выделены и сформированы группы животных с более высокими показателями продуктивности в сравнении со средним по стаду. Помесных телок первого поколения интенсивно выращивали и проводили их осеменение в возрасте 13-15 месяцев при достижении живой массы 360-380 кг. Получению такой живой массы способствовал эффект гетерозиса. Среднесуточные приросты живой массы варьировали от 861 до 900 грамм, как по отдельным возрастным периодам, так и за весь период выращивания тенденция превосходства помесных телок сохранялась. По уровню молочной продуктивности помесные голштинские красно-пестрые первотелки превосходят сверстниц чистопородных красных степных по удою на 586,8 кг или 11,3% (P>0,99), по содержанию жира они превосходили на 0,22% (P>0,99) и белка – 0,05% (P>0,99). Помесные айрширские первотелки II группы, уступая по уровню удоя сверстницам III группы на 76 кг, но по содержанию жира превосходили на 0,06, белка 0,15%. Количество молочного жира в молоке коров II и III групп находились на одном уровне 214,8-214,9 кг и превосходили чистопородных сверстниц I группы на 34,2-34,3 кг (P>0,99), а по количеству молочного белка – 16,2-21,6 кг (P>0,95).

Ключевые слова: скотоводство, скрещивание, помесь, интенсивное выращивание, молочная продуктивность, рост, развитие

Для цитирования. Колосов Ю.А., Дегтярь А.С., Панфилова Г.И. Влияние интенсивного выращивания телок на их рост и продуктивность // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 42–50.
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-42-50

Research Article

INFLUENCE OF INTENSIVE GROWING OF HEIFERS ON THEIR GROWTH AND PRODUCTIVITY

Yuri A. Kolosov✉[1], **Anna S. Degtyar**[2], **Galina I. Panfilova**[3]
[1,2,3]Don State Agrarian University, st. Krivoshlykova, 24, Persianovskiy village, Rostov region, Russia, 346493
✉[1]kolosov-dgau@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-6826-8009
[2]annet_c@mail.ru;
[3]galinap_28@mail.ru

© Колосов Ю.А., Дегтярь А.С., Панфилова Г.И., 2022

Abstract. As a result of research aimed at improving the red steppe cattle, using the gene pool of Ayrshire and Holstein Red-and-White cattle, it was found that the resulting crossbreeds were distinguished by higher milk productivity. When studying the livestock, groups of animals with higher productivity rates were identified and formed in comparison with the average for the herd. Crossbred heifers of the first generation were intensively grown and inseminated at the age of 13-15 months when they reached a live weight of 360-380 kg. The effect of heterosis contributed to obtaining such a live weight. The average daily gain in live weight varied from 861 to 900 grams, both for individual age periods and for the entire growing period, the tendency for the superiority of crossbred heifers remained. In terms of milk productivity, crossbred Holstein Red-and-White heifers surpass their peers of purebred red steppe heifers in terms of milk yield by 586,8 kg or 11,3% (P>0,99), in terms of fat content they exceeded by 0,22% (P>0,99) and protein – 0,05% (P>0,99). Crossbred Ayrshire heifers of group II yielded in terms of milk yield to peers of group III by 76 kg, but in terms of fat content they were superior by 0,06, protein 0,15%. The amount of milk fat in the milk of cows II and III was at the same level of 214,8-214,9 kg and exceeded the purebred peers of group I by 34,2-34,3 kg (P>0,99), and the amount of milk protein – 16,2-21,6 kg (P>0,95).

Keywords: cattle breeding, crossbreeding, intensive rearing, milk productivity, growth, development

***For citation*.** Kolosov Yu.A., Degtyar A.S., Panfilova G.I. Influence of intensive growint of heifers on their growth and productivity. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022;1(35):42–50. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-42-50

Введение. Для производства конкурентоспособной молочной продукции необходим тип скота, адаптированный к зональным почвенно-климатическим условиям, отличающийся высокой продуктивностью, обладающий крепкой конституцией, устойчивостью к болезням и стрессам, а также к содержанию в условиях интенсивных технологий [1].

Полноценное кормление является одним из важнейших факторов, обеспечивающих успех племенной работы, основу повышения продуктивности животных, совершенствование существующих и создание новых пород и типов.

Исследования о влиянии интенсивности выращивания ремонтных телок на живую массу и продуктивность проводят ученые в различных регионах России [2–4].

С изменением условий жизни можно изменить и характер обмена веществ, что приводит к изменению функций. Наибольшей пластичностью обладают молодые организмы [5]. Под влиянием условий жизни значительным изменениям подвергаются развивающиеся организмы, находящиеся на переходе от одной стадии к другой [6].

Для реализации потенциала исходных родительских форм в новой комбинации необходимо было обеспечить достижение случных кондиций молодняка как можно в более раннем возрасте. При этом нами преследовалась цель ускорения оборота вложенных средств, что согласно экономическим законам ведет к повышению эффективности производства. Система и способы содержания крупного рогатого скота определяются природно-экономическими особенностями хозяйств и принятой технологией производства молока. Рацион должен быть рассчитан таким образом, чтобы уровень и концентрация энергии, протеина, питательных и биологически активных веществ, а также соотношение между ними в составе рациона соответствовали нормам. Животных, начиная с первых дней жизни, следует целенаправленно готовить к интенсивной лактационной деятельности [7].

В нашей стране используется несколько систем выращивания молодняка молочного направления: интенсивное выращивание, предусматривающее постепенное снижение приростов с возрастом; выращивание при умеренном уровне кормления до наступления половой зрелости (8-10месяцев) и при

повышенном – в период физиологического (хозяйственного) полового созревания и интенсивного развития молочной железы; выращивание при умеренных приростах, в первые два-три месяца жизни, с получением повышенных приростов в последующие возрастные периоды до 15месяцев и при высоком уровне кормления нетелей; выращивание при разных приростах по сезонам года – более высокие в пастбищный период и значительно меньших в стойловый период [8].

Ключевое значение для выращивания высокопродуктивных животных имеет правильно определенная интенсивность роста молодняка. Интенсивность роста влияет на формирование продуктивных качеств, а это значит и продолжительность жизни используемого животного в стаде. Процесс выращивания телок определяется не только технологией выращивания, но и требованием к животным разного направления продуктивности. Именно кормление – залог успеха в племенной работе, так как от него зависит продуктивность коров на 60-70%.

Материал и методика исследований. В связи с этим нами была разработана система интенсивной технологии выращивания молодняка чистопородных и помесных животных с учетом последующего его влияния на такие показатели как, достижение возраста первой случки телок, показатели продуктивности и качества полученного молока. Важнейшим аспектом системы интенсивного выращивания является создание благоприятных условий выращивания и использования животных, а так же снижение негативного влияния на окружающую среду. Программы выращивания телят от рождения до первого осеменения основывались на технологии, используемой в хозяйстве, и на передовом опыте отечественного молочного животноводства. Далее приводятся ее основные этапы.

Для получения экспериментальных животных было отобрано 120 чистопородных коров красной степной породы в возрасте 3 отелов, которые были сформированы в три группы и осеменены спермой быков-производителей красной степной породы (I группа), айрширской (II группа) и красной-пестрой голштинской пород (III группа). По результатам отела было отобрано 3 группы по 15 телок согласно схеме скрещивания типичных животных соответствующего генотипа. Молодняк выращивался по интенсивной технологии молочного скотоводства, согласно разработанной нами программе выращивания. Разработанная программа интенсивного выращивания ремонтных телок предусматривала среднесуточный прирост на уровне 860-900 г для достижения ими хозяйственной зрелости. В 15 месячном возрасте телки были осеменены.

Программой интенсивного выращивания за 3 дня до отела стельных коров переводили в родильное отделение, к которому примыкает телятник-профилакторий. В профилакторий теленка переводили после того, как корова его тщательно оближет. У коровы облизывание телёнка вызывает гормональные реакции, которые отвечают за выход последа и сокращение матки. Облизывание телёнка стимулирует у него кровообращение и активирует нервную систему, быстрее ищет вымя. Облизывание способствует, укладыванию правильным образом шерсти животного, и начинает осуществляться терморегуляторное действие кожи и волосяного покрова. В телятнике молодняк содержали в индивидуальных клетках Эверса. Температура воздуха поддерживалась на уровне 17-18°С, относительная влажность не превышала 70%. При интенсивном ведении животноводства особого внимания заслуживает профилактика желудочно-кишечных заболеваний. Последние наносят не только большой экономический ущерб, складывающийся из снижения продуктивности, падежа, затрат на лечение, ухудшения качества продукции, а также вызывают негативные последствия, не позволяющие максимально реализовать генетический потенциал животных.

Выпаивание новорожденных телят осуществляли из индивидуальной сосковой поилки марки МПК-2,5 материнским молозивом.

В молочный период происходит значительная функциональная перестройка органов пищеварения, заселение рубца специфическими микроорганизмами, вырабатывается способность усваивать растительные корма, усиливается белковый, минеральный и водный обмен в организме. Одновременно происходит интенсивный рост органов и тканей организма. Интенсивная технология преду-

сматривает заселение эндомикрофлорой преджелудков в пищеварительный процесс и формирование у телят устойчивого иммунитета в течение первых 4-5 дней после рождения. Это дает возможность с первых дней жизни телят, кроме цельного молока, применять высокоэнергнетические корма, такие как зерно кукурузы и премиксы, что обеспечивает их прирост не менее 800 грамм в сутки и снижает расход цельного молока [9, 10].

Через 10-15 минут после рождения теленку, через пищеварительный зонд в сычуг вводилось 2,5 кг молозива, выдоенного от взрослой коровы через 10-15 минут после отела. На второй день жизни телятам выпаивалось 3 раза по 1,5 кг цельного молока матери. С восьмого дня жизни телятам выпаивалось 2 раза по 2кг цельного молока и начиналось приучение к премиксу по 50 гр. В состав премикса входил сложный набор микроэлементов, аминокислот. Такой рацион вполне обеспечивает возможность в годичном возрасте достигать живой массы 370-415 кг. Следует отметить, что раннее вскармливание молодняка важно для телят голштинской породы, поскольку содержание антител в их кровяном русле только 6%, что в 1,5-2 раза меньше, чем у телят швицкой, айрширской и джерсийской пород. Причем выживаемость телят зависит от количества молозива, выпаиваемого в первом кормлении.

Молозиво имеет высокую энергетическую питательность – в первые часы после родов – 0,78 к.ед. в 1 кг, так как содержание сухого вещества в нем 2 раза выше, чем в обычном молоке. Обладая прекрасными диетическими свойствами, оно служит хорошим средством для очищения кишечника от первородного кала – мекония. С 10-го дня после рождения телок приучали к грубому корму, используя хорошо облиственное сено люцерны, пучки сена подвешивали. По окончании молозивного периода телят выпаивали сборным молоком от здоровых коров 2 раза в сутки. С 30-дневного возраста в их рацион включали ЗЦМ. Для более плавного перевода объем молочной смеси составлял одну часть ЗЦМ и три части молока, на второй день соотношение молочного напитка равнялось 1:1, а в третий день 2:1. С третьего месяца телята пили только ЗЦМ. К этому времени они начинали хорошо поедать грубые, сочные и концентрированные корма, которые согласно схеме кормления телок, задавались до 6 месячного возраста. В летние месяцы телки наряду с молочными кормами получали зеленую массу трав.

По окончании профилакторного периода телят переводили в типовой телятник с беспривязным содержанием, который поделен на боксы, рассчитанные на 15 телят. Со стороны кормового прохода расположены кормушки, в них постоянно находилась сольлизунец для поддержания водно-солевого баланса в организме. С помощью мобильного кормораздатчика раздавали корма: концентраты, сено и корнеплоды. Смежные боксы оснащены групповыми водоналивными автопоилками. В боксах осуществляли навозоудаление с помощью навозных транспортеров. В летний период телки находились на свежем воздухе.

Результаты исследований. Для оценки влияния разработанной нами программы интенсивного выращивания молодняка крупного рогатого скота на рост и продуктивные качества чистопородных и помесных телок были использованы традиционные формы научных исследований.

Одним из основных показателей скорости роста является среднесуточный прирост живой массы. Значения этого показателя от рождения и до 14 месяцев были достаточно высокими во всех подопытных группах и варьировали от 861 до 900 г. Во все возрастные периоды голштинские помеси по этому показателю превосходили сверстниц I и II групп. Так, в период от рождения до 6-ти месяцев преимущество телок III группы (894,0 г) над I контрольной группой составило (22,3 г) – 2,5%, а над II группой – опытной (26,4 г) – 3,1%, P>0,95, с 7 до 9 месяцев – 38,3 г (4,4%) и 36,3 г (4,2%), с 10 до 14 месяцев – 56,9 г (6,6%) и 29,8 г (3,3%), а за весь период выращивания 27,5 г (3,1%) и 29,5 (3,4%). Несмотря на то, что в I группе среднесуточные приросты были ниже, чем у сверстниц II и III групп, животные всех подопытных групп достигли запланированной живой массы к 14-месячному возрасту и она превышала 390 кг. Динамика среднесуточных приростов в подопытных группах, как по отдельным возрастным периодам, так и за весь период выращивания, сохранялась в пользу помесных гол-

штинских животных (рис. 1). Таким образом, оценивая данный признак, мы установили эффективное влияние разработанной нами программы выращивания на достижение запланированной живой массы в 14-месячном возрасте, как в контрольной, так и в опытных группах.

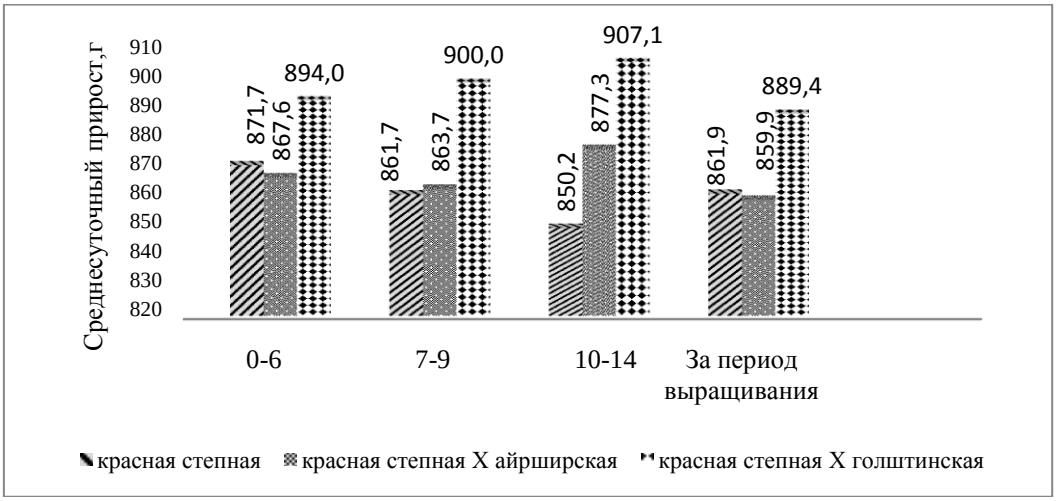


Рисунок 1. Динамика среднесуточных приростов
Figure 1. Dynamics of average daily gains

Наиболее значимым селекционным признаком в скотоводстве являются показатели молочной продуктивности. Поэтому для полной оценки эффективности программы выращивания молодняка нами был проведен анализ динамики молочной продуктивности в ходе лактации у коров различных генотипов. Самые высокие показатели по удою за лактацию – 5278 кг – были установлены у голштинизированных помесных коров, у чистопородных красных степных первотёлок он составлял 4691 кг, аналоги II группы, являвшиеся помесями с айрширской породой, занимали промежуточное положение. Разница между генотипами I и III групп по удою составляет 586,8 кг или 11,3% (P>0,99), по содержанию жира они превосходили на 0,22% (P>0,99) и белка – 0,05% (P>0,99). Первотелки II группы, уступая по уровню удоя сверстницам III группы на 76 кг, по содержанию жира превосходили на 0,06, белка – на 0,15%. Количество молочного жира за лактацию в молоке коров II и III групп находилось на одном уровне 214,8 и 214,9 кг, что было больше, чем у сверстниц I группы на 34,2-34,3 кг (P>0,99), а по количеству молочного белка превосходство было ещё более заметным – 16,2 и 21,6 кг (P>0,95) (табл. 1).

Таблица 1. Молочная продуктивность коров-первотелок при интенсивной технологии выращивания
Table 1. Milk productivity of first-calf heifers with intensive growing technologies

Показатель	Группа		
	I	II	III
Высший суточный удой, кг	21,0±1,3	22,7±3,0	22,9±1,1
Удой за 305 дн. лактации, кг	4691±40,6	5202±38,5***	5278±44,5***
Массовая доля жира, %	3,85±0,02	4,13±0,01***	4,07±0,04**
Массовая доля белка, %	3,20±0,02	3,30±0,02*	3,15±0,01*
Количество молочного жира, кг	180,6±5,5	214,9±6,15**	214,8±6,13**
Количество молочного белка, кг	150,1±10,5	171,7±5,3*	166,3±4,6*
Коэффициенты, %:			
устойчивости лактации	87,7±3,20	98,2±4,15	4,0±4,32
полноценности лактации	73,3	75,2	75,6

Примечание: *P>0,95; **P>0,99; ***P>0,999

Определение устойчивости лактации подопытных коров показало более высокий коэффициент устойчивости (98,2%) отмечен у первотелок II группы, меньший – у чистопородных красных степных (87,7%), а у III группы он занимает промежуточное положение (94,0%).

Динамика удоя по месяцам лактации дополняет объективную картину продуктивности. Анализируя динамику, следует обращать внимание на срок достижения пика лактации. В наших исследованиях представление об интенсивности молокообразования в течение лактации приведено в таблице 2.

Таблица 2. Динамика месячных удоев коров-первотелок, кг
Table 2. Dynamics of monthly milk yield of first-calf heifers, kg

Месяц лактации	Группа		
	I	II	III
1	582,0±57	571,3±25	594,9±16
2	612,8±45	640,7±31	682,0±34
3	609,5±40	616,5±24	638,7±28
4	550,5±30	661,2±30	687,7±30
5	517,0±29	586,7±27	607,1±25
6	475,9±41	547,0±37	548,4±25
7	425,0±47	496,0±49	475,5±46
8	357,0±54	412,8±65	402,5±48
9	304,1±43	357,0±51	349,6±35
10	258,0±32	312,8±39	292,4±39
Всего за 305 дней	4691±40,6	5202±38,5***	5278±44,5***

Примечание: *P>0,95; **P>0,99; ***P>0,999

Полученные данные свидетельствуют о некоторых различиях по динамике месячных удоев в подопытных группах коров. Первотелки I группы достигли пика лактации на втором месяце лактации, и стабилизировали его на третьем месяце. В последующие месяцы отмечено плавное снижение продуктивности. У коров II и III групп превышение удоя в 600 кг отмечено на втором месяце и оно удерживалось на этом уровне в течение трех месяцев. Пик молочной продуктивности в этих группах приходился на второй и четвертый месяцы лактации. Более плавным темп снижения удоев был в III группе, в которой средний суточный удой в 20 кг и более удерживался и на пятом месяце лактации. В последующем характер снижения молочной продуктивности во всех группах был относительно одинаковым. На десятом месяце лактации среднесуточный удой составил в I группе 8,36 кг, во II – 10,4 кг и в III – 9,7 кг.

В таблице 3 приведены характеристики функциональных свойств вымени коров-первотелок подопытных групп. Средний суточный удой во время оценки данного признака у животных III группы был наибольшим. По сравнению с I группой разница составляла 2,03 кг (8,8%)и была достоверной, а по сравнению со II – 0,91 кг (5,1%) и эта разница была не достоверной. Превосходство первотёлок второй группы над контролем составило 1,02 кг и также было не достоверным. На полное выдаивание молока из вымени у коровы III группы по сравнению с I группой затрачивалось времени в среднем меньше на 1,55 минуты, а по сравнению со II группой – почти на 1 минуту.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что динамика месячных удоев и функциональные свойства вымени у помесных первотёлок были более адекватны требованиям интенсивного молочного скотоводства. В целом, все подопытные коровы по индексу вымени отвечали требованиям пригодности к машинному доению.

Таблица 3. Функциональные свойства вымени коров-первотелок
Table 3. Functional properties of the udder of first-calf heifers

Показатель	Группа		
	I (n=15)	II (n=15)	III (n=15)
Суточный удой, кг	20,6±1,30	21,72±1,03	22,63±0,83
Время доения, мин	13,67±0,50	13,00±0,53	12,12±0,31*
Скорость молокоотдачи, кг/мин	1,55±0,06	1,66±0,03***	1,87±0,05***
Индекс вымени, %	41,4	42,3	44,1

Примечание: *P>0,95; **P>0,99; ***P>0,999

Вывод. Таким образом, применение интенсивной технологии выращивания телок обеспечивает достижение живой массы к осеменению не менее 390 кг и позволяет проводить осеменение в возрасте 14-15 месяцев. Особенности роста и молочной продуктивности помесей обусловлены генетическим потенциалом, реализуемым на фоне разработанной нами программы выращивания молодняка.

Список источников литературы

1. Лакшина Т. Финская программа выращивания молодняка // Животноводство России. 2010. № 8. С. 44–45.
2. Болатчиев А.Т. Эффективность использования зерна люпина в рационах для телят – молочников // Сборник научных трудов: международная научно-практическая конференция «Инновационные пути развития животноводства». Ставрополь, 2009. 492 с.
3. Каратунов В.А., Тузов И.Н., Зеленков П.И.Особенности роста живой массы голштинского молодняка австралийской селекции при интенсивном выращивании // Ветеринарная патология. 2014. № 2(48). С. 81–88.
4. Панфилова Г.И., Третьякова О.Л., Чернышков А.С. Динамика роста и развития телок красной степной и её айрширских и голштинских помесей // Известия Оренбурского ГАУ. 2019. №.6 (80). С. 251–253.
5. Терновых К.С. и др. Особенности организации производства молока в агропромышленных формированиях // Вестник ВГАУ. 2018. № 3. С. 148–158.
6. Быданцева Е.Н. Повышение продуктивного долголетия коров Уральского типа черно-пестрой породы при интенсивной технологии производства молока: автореферат дисс. … канд. наук. Оренбург. 2014. 21 с.
7. Мохов Б.П. Крупный рогатый скот. Биологические и хозяйственные признаки. Ульяновск: Издательство УГСХА. 2006. 333 с.
8. Карликова Г.Г. Мониторинг кормления новотельных коров для реализации продуктивного потенциала животных // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2017. № 2 (34). С. 8–12.
9. Буряков Н., Заболотнов Л., Панин И. и др. Методы оптимизации кормления коров // Животноводство России. 2012. № 9. С. 55–58.
10. Некрасов А.А., Попов Н.А., Некрасов Н.А. и др. Интенсивность выращивания телок и их последующие воспроизводительные качества // Достижение науки и техники АПК. 2013. №3. С.43–45.

References

1. Lakshina T. Finnish rearing program. *Zhivotnovodstvo Rossii* [Animal Husbandry of Russia]. 2010;8:44–45. (In Russ.)

2. Bolatchiev A.T., Storchakov P.V. Efficiency of using lupine grain in diets for dairy calves. *Sbornik nauchnyh trudov: mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferencia «Innovacionnye puti razvitiya zhivotnovodstva»* [Collection of scientific papers, International Scientific and Practical Conference «Innovative Ways of Livestock Development»]. Stavropol', 2009. 492 p. (In Russ.)

3. Karatunov V.A., Tuzov I.N., Zelenkov P.I. Features of the growth of live weight of Holstein young animals of Australian selection with intensive cultivation. *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary pathology]. 2014;2(48):81–88. (In Russ.)

4. Panfilova G.I., Tretyakova O.L., Chernyshkov A.S. Dynamics of growth and development of red steppe heifers and their ayrshire and holstein hybrids. *Izvestiya Orenburskogo GAU* [Izvestia Orenburg State Agrarian University]. 2019;6(80):251–253. (In Russ.)

5. Ternovyh K.S. et al. Features of the organization of milk production in agro-industrial formations. *Vestnik VGAU* [Vestnik of VSAU]. 2018;3:148–158. (In Russ.)

6. Bydanceva E.N. Increasing the productive longevity of cows of the Ural type of black-and-white breed with intensive milk production technology: *avtoreferat diss. ... kand. nauk* [diss. … cand. sciences]. Orenburg. 2014. 21 p. (In Russ.)

7. Mohov B.P. *Krupnyj rogatyj skot. Biologicheskiei hozyajstvennye priznaki* [Cattle. Biological and economic signs]. Ul'yanovsk.2006. 333 p. (In Russ.)

8. Karlikova G.G. Feeding monitoring of fresh cows to realize the productive potential of animals. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva* [Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev]. 2017; 2(34):8–12. (In Russ.)

9. Buryakov N., Zabolotnov L., Panin I. et al. Metody optimizacii kormleniya korov. *Zhivotnovodstvo Rossii* [Animal Husbandry of Russia]. 2012;9:55–58. (In Russ.)

10. Nekrasov A.A., Popov N.A., Nekrasov N.A. et al. The intensity of growing heifers and their subsequent reproductive qualities. *Dostizhenie nauki Itekhniki APK* [Achievement of science and technology of the agro-industrial complex]. 2013;3:43–45. (In Russ.)

Сведения об авторах

Колосов Юрий Анатольевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 3898-8474, Author ID: 348106, Scopus Author ID: 57190302148

Дегтярь Анна Сергеевна – кандидат сельскохозяйственный наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 3696-6455, Author ID: 699513

Панфилова Галина Ивановна – аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 1345-0033, Author ID: 1026292

Information about the authors

Yuri A. Kolosov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», SPIN-code: 3898-8474, Author ID: 348106, Scopus Author ID: 57190302148

Anna S. Degtyar – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», SPIN-code: 3696-6455, Author ID: 699513

Galina I. Panfilova – Postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», SPIN-code: 1345-0033, Author ID: 1026292

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 07.02.2022; одобрена после рецензирования 25.02.2022; принята к публикации 01.03.2022.

The article was submitted 07.02.2022; approved after reviewing 25.02.2022; accepted for publication 01.03.2022.

Научная статья
УДК 636.237.21:636.084
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-51-59

ВЛИЯНИЕ РАЗНОГО УРОВНЯ КОРМЛЕНИЯ С ПЕРВЫХ ДНЕЙ ЖИЗНИ ЧЕРНО-ПЕСТРЫХ БЫЧКОВ НА ИХ РОСТ И РАЗВИТИЕ

Василий Николаевич Приступа✉[1], **Светлана Сергеевна Яндюк**[2]
[1,2]Донской государственный аграрный университет, ул. Кривошлыкова, 24, п. Персиановский, Ростовская область, Россия, 346493
✉[1]prs40@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-9998-5062
[2]lana.yandyuk@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0001-6966-8605

Аннотация. В статье приведены данные по изучению сравнительного влияния на изменение предубойной живой массы, абсолютных и относительных показателей внутренних органов и парной шкуры при разном уровне кормления черно-пестрых бычков в молочный период. Установлено, что бычки второй группы, потреблявшие с первых дней жизни по 0,2 кг сушеной каныги и повышенное количество молока и комбикорма, превосходили сверстников контрольной группы, которые получали традиционный для хозяйства рацион, по предубойной живой массе в 8 месяцев на 18 и 31 кг, а в 18 – на 23 и 64,4 кг (P<0,001). В 8 месяцев превосходство бычков первой группы над третьей было по массе сердца на 19%, печени – 13%, селезенки – 14% и желудка – 11%, а относительно предубойной живой массы их разница колебалась на уровне 2-4%. Между бычками второй и третьей групп этот показатель в 18 месяцев изменялся на уровне 1-5%. Разница по абсолютной массе этих органов в этом возрасте составила, соответственно – 24%, 23, 30 и 21%. Более высокие показатели массы, длины, ширины и площади парных шкур при убое в 8 и 18-месячном возрасте отмечены у бычков опытных групп, с достоверным преимуществом в пользу сверстников второй группы. Интенсификация кормления телят с применением сушеной каныги в молочный период высоко достоверно повышает предубойную живую массу, развитие внутренних органов и парной шкуры, что способствует увеличению производства говядины, субпродуктов и кожевенного сырья.

Ключевые слова: бычки, черно-пестрые, предубойная живая масса, внутренние органы, парные шкуры

Для цитирования. Приступа В.Н, Яндюк С.С. Влияние разного уровня кормления с первых дней жизни черно-пестрых бычков на их рост и развитие // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 51–59.
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-51-59

Research Article

INFLUENCE OF DIFFERENT LEVELS OF FEEDING FROM THE FIRST DAYS OF LIFE OF BLACK AND WHITE BULLS ON THEIR GROWTH AND DEVELOPMENT

Vasiliy N. Pristupa✉[1], **Svetlana S. Yandyuk**[2]
[1,2]Don State Agrarian University, st. Krivoshlykova, 24, Persianovskiy village, Rostov region, Russia, 346493
✉[1]prs40@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0001-9998-5062
[2]lana.yandyuk@inbox.ru, https://orcid.org/0000-0001-6966-8605

© Приступа В.Н., Яндюк С.С., 2022

Abstract. The article presents data on the study of the comparative effect on the change of pre-slaughter live weight, absolute and relative indicators of internal organs and paired skin at different levels of feeding of black-and-white bulls in the dairy period. It was found that the bulls of the second group, who consumed 0,2 kg of dried kanyga and an increased amount of milk and compound feed from the first days of life, outperformed the peers of the control group, who received a traditional diet for the farm, by pre-slaughter live weight at 8 months by 18 and 31 kg, and at 18 – by 23 and 64., kg (P<0,001). At 8 months, the superiority of the bulls of the first group over the third one was by 19% in terms of heart weight, liver – 13%, spleen – 14% and stomach – 11%, and relative to the pre-slaughter live weight, their difference fluctuated at the level of 2-4%. Between the second and third groups of bulls, this indicator changed at the level of 1-5% in 18 months. The difference in the absolute mass of these organs at this age was, respectively, 24%, 23, 30 and 21%. Higher indicators of the mass, length, width and area of paired skins at slaughter at 8 and 18 months of age were noted in the bulls of the experimental groups, with a significant advantage in favor of the peers of the second group. The intensification of feeding calves with the use of dried kanyga in the dairy period significantly increases the pre-slaughter live weight, the development of internal organs and the paired skin, which contributes to an increase in the production of beef, offal and leather raw materials

Keywords: bulls, black-and-white breed, growth, live weight, milk period, exterior measurements

For citation. Prystupa V.N., Yandyuk S.S. Influence of different levels of feeding from the first days of life of black and white bulls on their growth and development. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022;1(35):51–59. (In Russ.).
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-51-59

Введение. Общее состояние организма и протекающие в нем обменные процессы тесно взаимосвязаны с ростом и развитием внутренних органов и кожного покрова. В первые дни жизни молочного периода телят рубец не играет существенной роли в процессах пищеварения. Так как принятое молоко по пищеводному желобу, минуя рубец, попадает сразу в сычуг, а затем в кишечник, в которых хорошо функционируют поджелудочные и кишечные железы, обеспечивающие тип кишечного пищеварения [1, 2]. Однако для расщепления клетчатки и других сложных органических веществ необходимо функционирование преджелудков, с обильным заселением различных микроорганизмов, которые, используя питательные вещества кормов, размножаются, а в последующем сами перевариваются и увеличивают поступление в организм животных переваримого протеина [3, 4]. Поэтому при выращивании телят рекомендуется применение повышенных суточных доз (8-10 кг) выпаивания молока в молочный период и применение раннего скармливания овсянки тонкого помола, комбикорма и люцернового сена, что будет способствовать раннему заселению преджелудков телят полезной микрофлорой и значительно повысит их энергию роста [5, 6].

Интенсивному развитию различных видов микроорганизмов-симбионтов, по данным О. Ганушенко [7], благоприятствует большой объем рубца и длительная задержка в нем кормовых масс, перемешивание их при постоянной температуре, непрерывная секреция слюны, обеспечивающая нужное количество жидкости и pH содержимого (6,7-7,4). С кормом идет поступление питательных веществ, которые с помощью микроорганизмов изменяют и пополняют состав аминокислот и интенсифицируют синтез бактериального белка [8]. Дальнейшее использование различных питательных веществ зависит от развития и интенсивного функционирования внутренних органов, обеспечивающих полноценный обмен веществ и формирование пропорционального телосложения и типа конституции [9].

Цель исследования – сравнительное изучение роста и развития черно-пестрых бычков при разном уровне кормления в молочный период.

Материалы, методы и объекты исследования. В процессе исследования в АО «Ленинградское» проведено сравнительное выращивание черно-пестрых бычков при разном уровне кормления в молочный период. Для этого сформировали три группы по 15 голов, которые в течение двух месяцев получали разный объем кормов. Бычки первой и второй групп имели повышенную схему выпойки и каждый из них потреблял по 6-9 кг молозива, а затем цельного молока и молочные продукты получали в течение 61 дня. Кроме того, с 10-дневного возраста каждый бычок потреблял по 0,1-0,2 кг просеянной овсянки, по 0,1 кг люцернового сена, а с 20-го дня по 0,1 кг престартерного комбикорма. При этом бычки второй группы с первого дня жизни в утреннюю выпойку потребляли с молозивом или молоком по 0,2 кг сушеной каныги (6 кг за месяц), а с 20-го дня в смеси с 0,1 кг престартерного комбикорма потребляли по 0,1 кг травяной муки (всего 1 кг). Поэтому за месяц каждый бычок этой группы потребил 250 кг цельного молока, 175 кг ЗЦМ, 3 кг овсянки, 1 кг престартерного комбикорма, 2 кг сена, 150 г поваренной соли и 50 г мела. Сверстники третьей контрольной группы получали традиционный для данного хозяйства рацион и с первых дней рождения потребляли по 5-7 кг молозива, затем цельного молока и с 5-дневного возраста – по 2-4 кг ЗЦМ. Молочные корма потребляли 77 дней, но в этот период их постепенно приучали к поеданию грубых и концентрированных кормов. В результате за первый месяц жизни каждый из них потребил 180 кг молока, 80 кг ЗЦМ, 1 кг престартерного комбикорма, 100 г поваренной соли и 50 г мела. За 6 месяцев учетного периода бычки третьей группы на 50 кг больше употребили цельного молока, но в 2,5 раза меньше употребили силоса, в 2 раза – корнеплодов и в 1,1 – комбикорма. Кроме того, они совсем не получали овсянку, травяную муку и каныгу.

После 6-месячного возраста бычки опытных и контрольной групп получали одинаковые суточные рационы.

Для оценки роста, развития, формирования мясной продуктивности и развития внутренних органов проводили индивидуальное ежемесячное взвешивание, а при постановке на опыт, в 4-месячном возрасте и при снятии с опыта определены основные промеры экстерьера и контрольный убой по 3 бычка из каждой группы в возрасте 8 и 18 месяцев. На основании полученных данных определяли особенности развития бычков разных групп, изменение их живой массы, индексов телосложения, массы туши, внутренних органов и шкуры.

Результаты исследования. Более высокий уровень кормления и использование овсянки и каныги в молочный период интенсифицировал энергию роста бычков опытных групп и способствовал получению у них более высокой энергии роста и живой массы (табл. 1). При постановке на опыт живая масса однодневных бычков разных групп и в месячном возрасте была практически одинаковой и не отмечено существенных отличий в величинах абсолютного прироста и отклонений от средних величин в группе. В 3-месячном возрасте достоверное превосходство бычков первой и второй групп над третьей уже было на уровне 8-11%. В последующем превосходство сохранилось и в 6 месяцев живая масса бычков первой и второй групп была на уровне 177,9 и 188,4 кг, что на 11 и 22 кг больше, чем у контрольных сверстников. С возрастом разница по живой массе бычков опытных и контрольной групп увеличивалась и в 12 месяцев она составила 20,8 и 41,5, а в 18 месяцев – 43,2 и 65,7 кг ($P>0,999$).

Использование каныги для заселения микрофлоры в преджелудки бычков оказало положительное действие на их энергию роста, увеличение живой массы. У опытных бычков второй группы уже после первого месяца жизни проявилась более высокая энергия роста и с 3-месячного возраста их абсолютный, среднесуточный и относительный прирост был выше на 7%, чем у сверстников первой и на 17% ($P>0,99$), чем у бычков третьей группы.

Интенсификация выращивания в молочный период обусловила не только разное изменение живой массы, но и разную динамику промеров экстерьера бычков разных групп (табл. 2). При постановке на опыт промеры экстерьера бычков опытных и контрольной групп были практически идентичны, а в 4-месячном возрасте опытные бычки по показателям высотных и форматных промеров превосходят контрольных на 1-4 см.

При снятии с опыта разница между опытными и контрольными сверстниками по форматным промерам увеличилась на 2-3 см. Интенсификация выращивания опытных бычков в молочный период положительно отразилась на формировании типа телосложения. У них более высокие показатели индексов растянутости и грудного, но ниже длинноногости и костистости. Поэтому они по внешнему виду имеют длинное тело, округлое телосложение с прямой и широкими спиной и поясницей. При убое в 8 месяцев бычки опытных групп превосходили к онтрольных по показателям предубойной живой массы на 13,5-31,4 кг и по массе туши – на 9-20 кг (табл. 3), а 18-месячном возрасте, соответственно – на 41,9-64,4 и на 27-44 кг (P>0,999). Кроме того, у них выше убойная масса на 8-18 и на 27-43 кг, а убойный выход – на 0,6-1,7 %.

Таблица 1. Изменение живой массы подопытных бычков, кг
Table 1. Change in live weight of experimental bulls, kg

Возраст, мес.	Живая масса, кг			Абсолютный прирост, кг		
	1 группа	2 группа	3 группа	1 группа	2 группа	3 группа
1 день	32,2±0,89	32,1±1,14	32,0±1,04	-	-	-
1 мес.	49,7±2,57	49,8±2,67	49,0±2,72	17,5±0,88	17,7±0,78	17,0±1,32
3 мес.	99,2±3,48	102,8±3,39	94,1 ±3,28	49,5±1,12	53,0±1,14	45,1±1,17
6 мес.	177,9±2,13	188,4±3,18	166,7±2,52	78,7±1,30	85,6±1,17	72,6±1,32
9 мес.	259,3±2,13	277,7±3,18	243,2±2,52	81,4±1,43	89,3±1,22	76,5±1,22
12 мес.	346,3±2,14	367,0±3,10	325,5±2,14	87,0±1,57	89,3±1,28	82,3±1,56
15 мес.	434,6±5,19	456,0±3,72	402,8±3,28	88,3±1,39	89,0±1,31	77,3±1,59
18 мес.	521,5±4,95	543,0 ±3,18	477,3±4,12	86,9±1,49	87,0±1,44	74,5±1,24

Таблица 2. Динамика промеров подопытных бычков, см
Table 2. Dynamics of measurements of experimental bulls, cm

Возраст	Группа	Высота в холке	Высота в крестце	Прямая длина туловища	Косая длина туловища	Ширина груди	Глубина груди	Обхват груди	Обхват пясти	Ширина в тазобедренном сочленении	Ширина в маклаках
1 день	1	67,9±0,2	71,2±0,2	65,2±0,2	69,9±0,2	16,2±0,2	26,2±0,2	73,8±0,3	9,2±1,1	20,7±0,2	15,6±0,1
	2	67,8±0,2	71,2±0,1	65,1±0,1	70,1±0,2	16,3±0,1	26,2±0,2	73,9±0,2	9,3±1,1	20,8±0,1	15,7±0
	3	67,7±0,2	71,0±0,2	65,0±0,2	70,2±0,2	16,3±0,2	26,1±0,2	73,6±0,2	9,4±1,1	20,8±0,2	15,6±0,1
4 мес.	1	91±0,3	92±0,2	98±0,4	108±0,4	26±0,2	43±0,4	121±0,2	14±0,3	32±0,2	28±0,2
	2	91±0,2	92±0,2	98±0,2	109±0,2	27±0,3	43±0,2	121±0,1	14±0,3	32±0,1	28±0,1
	3	87±0,2	90±0,3	96±0,3	106±0,4	25±0,3	42±0,3	120±0,2	13±0,2	31±0,1	27±0,2
18 мес.	1	117±0,8	119±1,0	123±1,1	136±0,8	36±0,6	52±0,3	157±0,7	16±0,1	47±0,3	34±0,3
	2	119±0,9	121±0,8	125±1,1	138±0,8	38±0,5	54±0,2	159±0,8	17±0,2	49±0,3	36±0,2
	3	115±0,9	118±1,2	120±1,2	133±0,9	34±0,6	50±0,3	155±0,8	16±0,2	45±0,4	32±0,2

Таблица 3. Абсолютная масса, кг
Table 3. Absolute mass, kg

Группа	Предубойная масса	Масса туши	Сердце	Легкие	Печень	Почки	Селезенка	Желудок	Кишечник
8 месяцев									
1	231,7±2,13	119±1,5	1,06	2,08	3,54	0,65	0,72	8,55	6,90
2	249,6±3,18	130±0,9	1,11	2,27	3,84	0,72	0,82	9,31	7,56
3	218,2±2,52	110±1,4	0,89	1,92	3,12	0,61	0,63	7,68	6,37
18 месяцев									
1	505,5±4,95	271±4,2	2,22	4,24	6,42	1,11	1,26	14,60	11,32
2	528,0±3,18	288±6,8	2,22	4,54	6,86	1,27	1,32	15,57	12,30
3	463,6±4,12	244±5,1	1,52	3,43	5,19	0,88	1,16	13,35	9,46

В эти учтенные возрастные периоды у бычков опытных групп отмечено превосходство над контрольными по абсолютным и относительным показателям массы всех внутренних органов. При этом наиболее высокое превосходство бычков первой группы над третьей в 8 месяцев было по массе сердца (19%), печени (13%) селезенки (14%) и желудка (11%) и относительно предубойной живой массы их разница колебалась на уровне 2-4%, а между бычками второй и третьей – на уровне 1-5% (табл. 4). Разница по абсолютной массе этих органов в этом возрасте составила, соответственно – 24%, 23, 30 и 21%. В 18 месяцев разница по абсолютным показателям массы сердца между бычками второй и третьей групп составила 0,7 кг (46%), легких – 1,11 кг (32,3%), печени – 1,67 кг (32,2), почек – 0,49 кг (44,3%), селезенки – 0,16 кг (13,7%), желудка – 2,22 кг (16,6%) и кишечника – 2,84 кг (30,0%). Показатели разницы массы этих органов между бычками первой и третьей групп несколько ниже. В этом возрасте несколько снизились показатели относительно предубойной живой массы, но абсолютная масса учтенных внутренних органов с возрастом увеличилась почти в 2 раза, с существенным преимуществом в пользу опытных бычков.

Таблица 4. Относительная масса внутренних органов, %
Table 4. Relative mass of internal organs, %

Группа	Сердце	Легкие	Печень	Почки	Селезенка	Желудок	Кишечник
Убой в 8-месячном возрасте							
1	0,45	0,90	1,53	0,28	0, 31	3,69	2,98
2	0,47	0,91	1,54	0,29	0,33	3,73	3,03
3	0,41	0,88	1,43	0,28	0, 29	3,52	2,92
Убой в 18-месячном возрасте							
1	0,44	0,84	1,27	0,22	0,25	2,89	2,24
2	0,42	0,86	1,30	0,24	0,25	2,95	2,33
3	0,33	0,74	1,12	0,19	0,25	2,88	2,04

Аналогичная закономерность проявилась на изменениях массы и размеров парных шкур (табл. 5). Более высокие показатели массы, длины, ширины и площади парных шкур при убое в 8 и 18-месячном возрасте отмечены у бычков опытных групп, с преимуществом в пользу сверстников второй группы. Однако толщина в области локтево-

го сустава бычков контрольной группы была на 0,11-0,46 мм, или на 2-19% выше.

В возрасте 8 и 18 месяцев животные второй опытной группы по массе парных шкур (26,2 и 41,2 кг) превосходили своих сверстников на 2,1-2,6 кг и 2,6-1,5 кг, соответственно. При этом в первом случае они уступали им по общей ее площади на 5,6-19,2 дм^2, во втором на 13,5-28,4 дм^2.

За 10-месячный возрастной период масса шкур возросла на 14,5-16,3 кг, а их площадь – на 17,4-184,9 дм^2. По абсолютному показателю прироста площади шкуры животных второй опытной группы превосходили сверстников первой опытной и животных контрольной группы. С возрастом выход парной шкуры от предубойной массы животного уменьшился на 2,2-2,8%.

Таблица 5. Изменения массы и размеров парных шкур
Table 5. Changes in the weight and size of paired skins

Группа	Масса, кг	В % от предубойной живой массы	Длина, дм	Ширина, дм	Площадь, дм^2	Толщина в области локтевого сустава, мм
Убой в 8-месячном возрасте						
1	24,1±1,11	10,4±0,19	14,5±1,04	13,7±0,21	198,7±0,67	2,76±0,13
2	26,2±1,11	10,5±0,22	14,7±0,77	13,9±0,21	204,3±2,69	2,41±0,09
3	23,4±0,78	10,7±0,28	14,0±0,75	13,6±0,22	190,4±1,44	2,87±0,09
Убой в 18-месячном возрасте						
1	38,6±1,18	7,6±0,32	20,0±0,18	18,6±0,27	372,0±0,93	3,84±0,13
2	41,2±0,46	7,8±0,44	20,7±0,44	18,9±0,25	391,2±1,27	3,87±0,09
3	39,7±0,44	8,5±0,47	19,3±0,42	18,8±0,28	362,8±1,12	3,95±0,13

Следовательно, интенсификация кормления телят с применением сушеной каныги в молочный период высоко достоверно повышает предубойную живую массу, развитие внутренних органов и парной шкуры, что способствует увеличению производства говядины, субпродуктов и кожевенного сырья.

Выводы. 1. Высокий уровень кормления и использование овсянки и каныги в молочный период способствовал повышению энергии роста бычков, в результате чего разница по живой массе бычков опытных и контрольной групп увеличивалась и в 12 месяцев она составила 20,8 и 41,5, а в 18 месяцев – 43,2 и 65,7 кг.

2. Интенсификация выращивания опытных бычков в молочный период положительно отразилась на убойных показателях. При убое в 8 месяцев бычки опытных групп превосходили контрольных по показателям убойной массы на 8-18 и на 27-43 кг, а по убойному выходу – на 0,6-1,7%.

Список источников литературы

1. Александрова Е.В. Рубцовое пищеварение, углеводно-жировой обмен и продуктивность телят молочного периода при использовании сорбционно-пробиотической добавки Биопиннулар: автореф. дис. … канд. сельскохозяйственных наук. Ульяновск. 2020. 24 с.

2. Григорьев В. С., Молянова А.П., Коханов А.П. Влияние коралловой воды на клеточный состав крови и массу тела телят молочного периода // Известия Нижневолжского аг-

роуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 226–237. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-22

3. Лаптев Г., Йылдырым Е., Ильина Л. Микробиум рубца – основа здоровья коров // Животноводство России. 2020. №4. С. 42–45.

4. Филиппова О.Б., Фролов А.И., Кийко Е.И. Условия кормления телят – залог будущего долголетия коров // Главный зоотехник. 2015. № 8. С. 11–18.

5. Грушкин А.Г., Шевелев Н.С. О морфофункциональных особенностях микробиоты рубца жвачных животных и роли целлюлозолитических бактерий в рубцовом пищеварении // Сельскохозяйственная биология. 2008. № 2. С. 12–19.

6. Фролкин А.И., Валитов Х.З., Варакин А.Т. и др. Кормовые подкормки Reasil HumicVet и Reasil Humic Health на основе гуминовых кислот в рационе телят-молочников // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. Том. 6. № 2. С. 64–70.

7. Ганушенко О. Молозивный период: ошибки недопустимы // Животноводство России. 2020. №3. С. 53–55. DOI: 10.25701/ZZR.2019.66.27.019

8. Варакин А.Т., Саломатин В.В., Кулик Д.К. и др. Производство говядины с использованием кормовых добавок // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 282–291. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-29

9. Шлыков С.Н. Развитие внутренних органов и кожного покрова бычков в зависимости от потребляемых с рационом кормовых добавок // Материалы международной научно-практической конференции «Разработка инновационных технологий производства животноводческого сырья и продуктов питания на основе современных биотехнологических методов». ГНУ НИИММП, Волгоградский ГТУ, Волгоград. 2016. С. 65–68.

References

1. Aleksandrova E.V. *Rubczovoe pishhevarenie, uglevodno-zhirovoj obmen i produktivnost' telyat molochnogo perioda pri ispol'zovanii sorbcionno-probioticheskoj dobavki Biopinnular* [Cicatricial digestion, carbohydrate-fat metabolism and productivity of calves of the dairy period when using the sorption-probiotic additive Biopinnular]: avtoref. diss. … kand. sel'skoxozyajstvenny'x nauk. Ulyanovsk. 2020. 24 p. (In Russ.)

2. Grigorev V. S., Molyanova A.P., Koxanov A.P. Influence of coral water on the cellular composition of blood and body weight of calves of the dairy period. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of lower Volga Agro-University complex: science and higher education]. 2020;4(60):226–237. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-22 (In Russ.)

3. Laptev G., Yildirim E., Ilyina L. Rumen microbiome - the basis of cow health. *Zhivotnovodstvo Rossii* [Animal Husbandry of Russia]. 2020;4:42–45 (in Russ.)

4. Filippova O.B., Frolov A.I., Kijko E.I. Feeding conditions for calves – the key to the future longevity of cows. *Glavnyj zootekhnik* [Chief livestock specialist]. 2015;8:11–18. (In Russ.)

5. Grushkin A.G., Shevelev N.S. On the morphological and functional features of the microbiota of the rumen of ruminants and the role of cellulolytic bacteria in ruminal digestion. *Selskoxozyajstvennaya biologiya* [Agricultural Biology]. 2008;2:12–19. (In Russ.)

6. Frolkin A.I., Valitov Kh. Z., Varakin A.T. et al. Feed supplements Reasil HumicVet and Reasil Humic Health based on humic acids in the diet of dairy calves. *Izvestiya Samarskoj gosu-*

darstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii [Proceedings of the Samara State Agricultural Academy]. 2021;6(2):64–70. (In Russ.)

7. Ganushenko O. Colostrum: no mistakes allowed. *Zhivotnovodstvo Rossii* [Animal Husbandry of Russia]. 2020;3:53–55. (In Russ.)

8. Varakin A.T., Salomatin V.V., Kulik D.K. et al. Beef production using feed additives. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of lower Volga Agro-University complex: science and higher education]. 2021;3(63): 282–291. (In Russ.)

9. Shlykov S.N. Development of internal organs and skin of bulls depending on the feed additives consumed with the diet. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Razrabotka innovacionnyh tekhnologij proizvodstva zhivotnovodcheskogo syr'ya i produktov pitaniya na osnove sovremennyh biotekhnologicheskih metodov»* [Proceedings of the international scientific and practical conference «Development of innovative technologies for the production of livestock raw materials and food products based on modern biotechnological methods»]. GNU NIIMMP, Volgogradskij GTU, Volgograd, 2016:65–68. (In Russ.)

Сведения об авторах

Приступа Василий Николаевич – Почетный работник АПК России, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены имени академика П.Е. Ладана, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 3390-2778, Author ID: 414911, Scopus author ID: 57219094553

Яндюк Светлана Сергеевна – аспирант кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зоогигиены им. академика П.Е. Ладана, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 2635-2639, Autor ID: 1132840

Information about the authors

Vasiliy N. Pristupa – Honorary Worker of the Agro-industrial Complex of Russia, Doctor of Agricultural Sciences, professor, professor of the Department of breeding of farm animals, private zootechnics and zoo-hygiene named after Academician P. E. Ladan, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», SPIN-code: 3390-2778, Author ID: 414911, Scopus Author ID: 57219094553

Svetlana S. Yandyuk – Graduate student of the Department of breeding of farm animals, private zootechnics and zoo-hygiene named after Academician P. E. Ladan, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», SPIN-code: 2635-2639, Autor ID: 1132840

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 10.02.2022; одобрена после рецензирования 28.02.2022; принята к публикации 04.03.2022.

The article was submitted 10.02.2022; approved after reviewing 28.02.2022; accepted for publication 04.03.2022.

Научная статья
УДК 636.598:636.085
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-60-70

ПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГУСЕЙ, ПОТРЕБЛЯВШИХ ВИТАМИННУЮ КОРМОВУЮ ДОБАВКУ

Светлана Фаилевна Суханова
Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева,
г. Курган, Россия, 641300, nauka007@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4921-1725

Аннотация. В данной статье определено влияние витаминной кормовой добавки «ВитАмМин» в дозировке 0,7 и 1,0 мл/л воды в рационах молодняка гусей. Установлено, что использование витаминной кормовой добавки «ВитАмМин» в кормлении молодняка гусей оказало положительное влияние на динамику живой массы, прирост, выход полупотрошеной и потрошеной тушки, количество съедобных частей тушки и мышечной ткани, в том числе грудных и бедренных мышц, большая энергетическая питательность мышечной ткани и содержание в ней жира и белка, а также сохранности поголовья и уровня рентабельности производства мяса гуся.

Гусята опытных групп, получавшие в составе рациона витаминную кормовую добавку «ВитАмМин», превосходили гусят контрольной группы по приросту живой массы на 5,25 и 5,11% соответственно общему приросту живой массы на 9,50% и на 7,35%, по выходу потрошеной тушки гусят на 1,75 и 1,40%. Общие затраты на выращивание птицы в опытных группах гусят, получавших в составе рациона витаминную кормовую добавку «ВитАмМин», были больше, чем в контрольной на 5,80 и 4,84%, уровень рентабельности производства мяса гусей в опытных группах был выше на 7,00 и 5,10%, соответственно, по сравнению с контрольной.

Ключевые слова: гуси, добавка «ВитАмМин», живая масса, мясная продуктивность, мышечная ткань, сохранность, рентабельность

Для цитирования. Суханова С.Ф. Продуктивные показатели гусей, потреблявших витаминную кормовую добавку // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 60–70. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-60-70

Research Article

PRODUCTIVE INDICATORS OF GEESE CONSUMING VITAMIN FODDER SUPPLEMENT

Svetlana F. Sukhanova
Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, Kurgan, Russia, 641300,
nauka007@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-4921-1725

Abstract. In this article have determined the effect of the vitamin feed additive «VitAmMin» at a dosage of 0,7 and 1,0 ml/l of water in the diets of young geese. It was established that the use of the vitamin feed additive «VitAmMin» in feeding young geese had a positive effect on the dynamics of live weight, growth, yield of half-gutted and gutted carcasses, the number of edible parts of the carcass and muscle tissue, including pectoral and femoral muscles, high energy nutritional value of muscle tissue and its content of fat and protein, as well as the safety of livestock and the level of profitability of goose meat production.

© Суханова С.Ф., 2022

The goslings of the experimental groups, who received the VitAmMin vitamin feed additive as part of the diet, surpassed the goslings of the control group in terms of live weight gain by 5,25 and 5,11%, respectively, the total live weight gain by 9,50% and 7,35%, in terms of the output of gutted carcasses, goslings by 1,75 and 1,40%. The total cost of raising poultry in the experimental groups of goslings, which received the VitAmMin vitamin feed supplement as part of the diet, was 5,80 and 4,84% higher than in the control group, the level of profitability of goose meat production in the experimental groups was higher by 7,00 and 5,10%, respectively, compared with the control.

Keywords: geese, VitAmMin additive, live weight, meat productivity, muscle tissue, safety, profitability

For citation: Sukhanova S.F. Productive indicators of geese consuming a vitamin feed additive // *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022;1(35):60–70. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-60-70

Введение. Специализированной отраслью АПК является промышленное птицеводство, которое обеспечивает население страны высокопитательными и диетическими продуктами питания [1–3]. Современное птицеводство – динамично развивающаяся отрасль животноводства в стране, которая обеспечивает равномерное снабжение населения высокопитательными продуктами на протяжении года [4].

Для стабильного и эффективного роста отрасли птицеводства важно наряду с повышением продуктивности птицы уделить внимание сохранности поголовья и качественным значениям продукции птицеводства. Многие исследователи отмечают, что динамика продуктивности и физиологических показателей птицы обусловлена влиянием факторов наследственного характера и внешней среды [5–8].

Характер реализации генетического потенциала птицы, в том числе и гусей, а также повышение питательной ценности и потребительских свойств птицеводческой продукции возможны за счет использования в составе рационов высокоэффективных кормовых добавок, повышающих биологическую полноценность рационов и переваримость питательных веществ. «Основными биологически активными веществами, необходимыми для нормальной жизнедеятельности организма птицы, являются витамины. Их недостаток наносит существенный ущерб птицеводству в целом, приводя к нарушению биохимических процессов в клетках организма, и, следовательно, к морфологическим изменениям в органах и тканях птицы» [9, 10]. В последние годы в кормлении птицы все чаще используются кормовые добавки на основе БАВ и витаминов, способствующих повышению показателей продуктивности птицы и сохранности поголовья [11, 12].

По мнению ряда исследователей, витамины служат основой для биосинтеза коферментов, простетических групп, гормонов, выполняют функции по регуляции обменных процессов в организме и отличаются высокой биологической активностью [13, 14].

Биологически активные вещества способствуют повышению показателей продуктивности птицы и сохранности поголовья. Установлено, что обмен витаминов в организме подвержен влиянию многих факторов, т.е. обуславливается видом птицы, кроссом, возрастом, продуктивностью, условиями кормления и содержания, стресс-факторами и др., которые оказывают существенное влияние на характер использования витаминов и на зоотехнические показатели, и иммунную реактивность организма птицы [15]. В связи с этим использование витаминной добавки «ВитАмМин» для молодняка гусей является актуальным и имеет практическое значение.

Исследования выполнены в соответствии с тематикой ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева» (№ гос. регистрации АААА-А16-116020210403-2).

Цель исследований заключалась в оценке показателей продуктивности молодняка

гусей при использовании в составе рационов различных доз кормовой добавки «ВитАмМин».

«ВитАмМин» – кормовая добавка для животных и птицы. Производитель: ООО «БЕЛФАРМАКОМ», г. Белгород, Белгородская обл., Россия. В состав препарата «ВитАмМин» входят: витамины, аминокислоты, микроэлементы. Состав: витамин А – 10 000 МЕ; витамин $Д_3$ – 4000 МЕ; витамин Е – 4 мг; никотинамид – 20 мг; кальция пантотенат – 20 мг; цианокобаламин – 0,05 мг; фолиевая кислота – 0,5 мг; комплекс аминокислот (лизин, метионин, треонин, триптофан, креатин, таурин, аргинин, гистидин, лейцин, изолейцин, валин, глицин) – 120 мг; инозитол – 10 мг; натрия селенит – 1 мг; калия йодид – 1 мг.

Материалы, методы и объекты исследований. Экспериментальная часть исследований выполнена на базе КФХ «Попов С.Н.» Шумихинского района, Курганской области на молодняке гусей, гибридах шадринской и итальянской белой пород. Для реализации поставленной цели были сформированы группы подопытной птицы методом сбалансированных групп. При этом учитывались возраст, живая масса и физиологическое состояние. В таблице 1 приведена схема проведения научно-хозяйственного опыта, который провели на 1500 гусятах, разделенных на 3 группы по 500 голов суточных гусят в каждой. Срок выращивания составил 60 суток. Было изучено влияние добавки «ВитАмМин» в дозировках 0,7 и 1,0 мл/л воды. Выращивание молодняка гусей было проведено в два периода: стартовый (с 1 по 3 неделю) и финишный (с 4 по 9 неделю) [16].

Таблица 1. Схема проведения научно-хозяйственного опыта
Table 1. Scheme of scientific and economic experiment

Группа	Голов в группе	Особенности кормления
Контрольная	500	Основной рацион (ОР)
1 опытная	500	ОР, содержащий добавку «ВитАмМин» в дозе 0,2 мл/л воды
2 опытная	500	ОР, содержащий добавку «ВитАмМин» в дозе 0,5 мл/л воды

В период проведения исследований во всех группах условия содержания, плотность посадки, фронт кормления и поения, параметры микроклимата были одинаковые. Взвешивание гусят проводили индивидуально (по 50 голов из каждой группы) 1 раз в 10 суток до утреннего кормления. В конце выращивания гусят провели убой и анатомическую разделку тушек.

В комбикормах для гусят стартового периода содержалось 1,23 МДж обменной энергии, а финишного – 1,18 МДж, сырого протеина – 20,06% и 18,05%, соответственно, сырой клетчатки в комбикормах для гусят содержалось 4,46% с 1 – 3 неделю выращивания, а с 4 – 9 неделю – 4,31%. В комбикормах весь период выращивания кальция был 1,20%, общего фосфора – 0,80%, натрия 0,30%. В комбикормах первого периода выращивания лизина было 1,00 %, а метионина – 0,50%, во второй период, соответственно, 0,90 и 0,45%. Содержание метионин+цистина в стартовый период было 0,80%, в финишный – 0,71%. Следовательно, гусята получали комбикорма, которые по содержанию питательных веществ и энергии в 100 г не отличались и соответствовали нормам ВНИТИП [17].

Результаты исследований. Изучение живой массы подопытных гусят проводилось путем проведения индивидуального взвешивания гусят в суточном возрасте, а в последующем ежедекадно в процессе выращивания птицы (табл. 2).

Таблица 2. Динамика живой массы гусят в различные возрастные периоды, г ($\overline{X} \pm S\overline{x}$)
Table 2. Dynamics of live weight of goslings in different age periods, g ($\overline{X} \pm S\overline{x}$)

Возраст, суток	Группа		
	контрольная	1 опытная	2 опытная
1	80,02±1,28	80,04±1,25	80,04±1,22
10	484,66±5,60	501,16±5,75*	501,20±5,63*
20	1002,76±10,29	1041,40±12,46*	1038,00±10,98*
30	2041,30±13,04	2123,50±14,23***	2113,56±13,49***
40	2700,36±19,51	2816,44±16,82***	2801,44±16,95***
50	3202,48±25,16	3360,76±24,13***	3353,56±24,30***
60	3778,00±27,60	3971,40±27,55***	3967,40±28,11***
Валовой прирост	3697,98±27,54	3891,36±27,68***	3887,36±28,06***
Среднесуточный прирост	61,63±0,45	64,86±0,46***	64,79±0,47***

*P<0,05; **P<0,01, ***P<0,001

Установлено, что во всех группах гусят живая масса в суточном возрасте была одинаковой и составила в среднем 80 г, в последующем все группы гусят росли с различной интенсивностью и по мере роста птицы увеличивалось различие по живой массе между группами. В результате, в возрасте 10 суток живая масса гусят контрольной группы была меньше, чем в опытных группах на 3,40-3,41% (P<0,05). Подобные результаты получены и в возрасте 20 суток. Различие между контрольной и опытными группами гусят в возрасте 20-ти суток составило 38,64 г, или 3,85% (P<0,05) и 35,24 г, или 3,51% (P<0,05), в возрасте 30-ти суток 82,20 г, или 4,03% (P<0,001) и 72,26 г, или 3,54% (P<0,001). В дальнейшем в возрасте 40 суток живая масса гусят 1 опытной группы была больше по сравнению с контролем на 116,08 г, или 4,30% (P<0,001), а 2 опытной – на 101,08 г, или 3,74% (P<0,001), в 50-ти суточном возрасте 158,28 г, или 4,94% (P<0,001) и 151,08 г, или 4,72% (P<0,001), соответственно. В конце эксперимента (возраст гусят 60 суток) различие между группами сохранялось в пользу гусят опытных групп на уровне (P<0,001).

Приведенные данные возрастной изменчивости живой массы гусят и различия между группами оказали влияние на валовой и среднесуточный прирост живой массы гусят, которые были выше у птицы 1 опытной группы на 5,23% (P<0,001) и 2 опытной группы – на 5,12% (P<0,001) по сравнению с контрольными.

В целом значения живой массы, среднесуточных и валовых приростов были наибольшими у гусят, потреблявших витаминную кормовую добавку «ВитАмМин». При этом среди подопытных групп гусят лучший рост выявлен в 1 опытной группе, которые получали добавку в дозировке 0,7 мл/л воды.

В целях выявления мясной продуктивности гусят в зависимости от использования витаминной добавки «ВитАмМин» провели убой и анатомическую разделку тушек, результаты которых приведены в таблице 3.

Анализируя полученный материал по данным убоя молодняка птицы, установлено, что предубойная масса у гусят контрольной группы была меньше, чем в 1 опытной группе на 196,67 г, или 5,20%, а во 2 опытной группе – на 189,33 г, или 5,01%. Молодняк гусей 1 опытной группы превосходил 2 опытную группу по предубойной массе на 7,34 г, или 0,18%.

Выявлены различия между группами гусят по массе полупотрошеной тушки, которая была наименьшей в контрольной группе по сравнению с опытными на 223,21 г, или 7,39% и 212,97 г, или 7,05%. Подобные результаты получены и по выходу полупотрошеной тушки. Масса потрошеной тушки у гусят контрольной группы была меньше, чем у гусят опытных групп на 8,29-7,49%, по выходу потрошеной тушки на 1,75-1,40%, соответственно.

Таблица 3. Показатели убоя молодняка гусей, г ($\overline{X} \pm S\overline{x}$)
Table 3. Indicators of slaughter of young geese, g ($\overline{X} \pm S\overline{x}$)

Показатель	Группа		
	контрольная	1 опытная	2 опытная
Предубойная масса	3780,00±75,72	3976,67±72,65	3969,33±74,39
Масса полупотрошеной тушки	3020,60±65,92	3243,81±67,57	3233,57±69,59
Выход полупотрошеной тушки, %	79,90±0,17	81,56±0,21**	81,46±0,23*
Масса потрошеной тушки	2243,67±60,73	2429,67±56,26	2411,67±63,28
Выход потрошеной тушки, %	59,34±0,43	61,09±0,30*	60,74±0,45

*P<0,05; **P<0,01

В целом, использование витаминной кормовой добавки «ВитАмМин» в составе рационов кормления молодняка гусей положительно отразилось на выходе полупотрошеной и потрошеной тушки. При этом в опытных группах отмечается лучший эффект от использования добавки «ВитАмМин» в дозировке 0,7 мл/л воды, в сравнении с дозировкой 1,0 мл/л.

В результате проведения анатомической разделки тушек молодняка гусей были получены данные, которые представлены в таблице 4. Гусята контрольной группы отличались меньшей массой съедобных частей в тушке по сравнению с опытными группами.

Таблица 4. Результаты анатомической разделки тушек молодняка гусей, г ($\overline{X} \pm S\overline{x}$)
Table 4. Results of anatomical cutting of carcasses of young geese, g ($\overline{X} \pm S\overline{x}$)

Показатель	Группа		
	контрольная	1 опытная	2 опытная
Масса съедобных частей тушки	2162,62±65,63	2359,53±54,68	2347,19±60,42
Масса несъедобных частей тушки	1065,38±7,29	1097,13±15,08	1102,15±9,92
Масса всех мышц:	1198,33±49,67	1354,00±47,29	1343,33±51,88
в т.ч. грудных	296,00±11,27	333,33±12,98	332,33±13,91
бедренных	270,67±10,48	304,67±12,02	301,67±14,24
голени	234,00±11,37	266,67±7,51	262,67±7,06
Соотношение, %: грудных мышц ко всем мышцам	24,71±0,08	24,61±0,11	24,73±0,09
съедобных частей тушки к несъедобным	202,98±5,88	215,01±2,31	212,90±3,53

Анализ массы мышечной ткани показал, что гусята контрольной группы отличались меньшими значениями по сравнению с 1 опытной на 12,99% и на 12,10% по сравнению со 2 опытной. При этом гусята 1 опытной группы превосходили по количеству мышечной ткани гусят 2 опытной на 0,79%. По массе грудных мышц различие между контрольной группой 1 и 2 опытными группами составило 12,61% и 12,27%, соответственно. Молодняк гусей 2 опытной группы отличался несколько меньшим количеством грудных мышц по сравнению с 1 опытной группой на 1,00 г или 0,30%.

Подобные различия между гусятами контрольной и опытных групп выявлены по

массе бедренных мышц, массе мышц голени, соотношению съедобных частей тушки к несъедобным. У гусят контрольной группы соотношение съедобных частей тушки к несъедобным было меньше, чем в 1 опытной на 12,03%, во 2 опытной – на 9,92%.

При анатомической разделке тушек было изучено не только количество съедобных и несъедобных частей, но и масса отдельных частей тушек и органов. Масса некоторых съедобных частей тушек гусят представлена в таблице 5.

Таблица 5. Масса некоторых съедобных частей тушек молодняка гусей, г ($\overline{X} \pm S\overline{x}$)
Table 5. The mass of some edible parts of carcasses of young geese, g ($\overline{X} \pm S\overline{x}$)

Показатель	Группа		
	контрольная	1 опытная	2 опытная
Кожа с подкожным жиром	523,33±7,06	539,67±3,28	534,33±8,76
Внутренний жир	100,47±1,05	120,48±2,76**	115,33±4,37*
Печень	96,93±0,83	98,73±0,64	98,28±1,18
Сердце	21,77±0,38	22,26±0,68	22,29±0,56
Легкие	42,48±0,27	43,65±0,69	43,83±0,22*
Почки	32,79±1,17	34,75±0,53	34,81±0,05
Мышечный желудок (без содержимого и кутикулы)	146,50±7,29	146,00±3,06	154,97±4,26

*P<0,05; **P<0,01

Анализ результатов анатомической разделки тушек гусят показал, что кожи с подкожным жиром в контрольной группе было меньше, чем в 1 опытной на 3,12%, во 2 опытной – на 2,10%. Гусята опытных групп характеризовались большими значениями массы внутреннего жира, массы печени, сердца, легких, почек. Гусята 1 опытной группы уступали по массе мышечного желудка (без содержимого и кутикулы) гусятам контрольной группы на 0,34%, а 2 опытной – на 6,14%.

Таким образом, анализ полученных результатов показал, что гусята, потреблявшие кормовую витаминную добавку «ВитАмМин», характеризовались большим количеством съедобных частей тушки и мышечной ткани, в том числе грудных и бедренных мышц, в сравнении с молодняком контрольной группы. Наилучшими показателями по перечисленным выше показателям характеризовались гусята 1 опытной группы, потреблявшие добавку «ВитАмМин» в дозировке 0,7 мл/л воды, в сравнении со 2 опытной, потреблявшей добавку в дозировке 1,0 мл/л воды.

Химический состав и энергетическая питательность мышечной ткани молодняка гусей представлены в таблице 6.

В результате проведенных исследований было установлено, что влаги в мышечной ткани гусей контрольной группы содержалось больше, чем в 1 опытной на 0,88%, во 2 опытной – на 0,84%. У гусят 2 опытной группы данный показатель был больше, чем в 1 опытной на 0,04%. Гусята контрольной группы по содержанию жира в мышечной ткани уступали 1 опытной на 0,37%, а 2 опытной – на 0,35%. Различие между группами молодняка опытных групп составило 0,02% в пользу гусят 1 опытной группы. Белка в мясе гусят контрольной группы отмечено меньше, чем в опытных на 0,70 и 0,63%. У птицы 2 опытной группы было меньше белка в мышечной ткани на 0,07% в сравнении с 1 опытной. Золы в мясе гусят контрольной группы было меньше, чем в 1 опытной на 0,02%, однако больше, чем во 2 опытной

группе на 0,01%. По данному показателю особи 2 опытной группы были меньше, чем в 1 опытной на 0,03%. Энергетическая питательность мышечной ткани молодняка гусей контрольной группы была меньше на 0,32 МДж, или 5,06% в сравнении с 1 опытной и на 0,29 МДж, или 4,55% со 2 опытной. У гусят 2 опытной группы энергетическая ценность мяса была ниже, чем в 1 опытной на 0,03 МДж, или 0,45%.

Таблица 6. Химический состав (%) и энергетическая питательность мышечной ткани молодняка гусей (на натуральную влажность) ($\overline{X} \pm S\overline{x}$)
Table 6. Chemical composition (%) and energy nutritional value of the muscle tissue of young geese (for natural humidity) ($\overline{X} \pm S\overline{x}$)

Показатель	Группа		
	контрольная	1 опытная	2 опытная
Влага	72,33±0,41	71,45±0,39	71,49±0,41
Жир	5,27±0,07	5,64±0,12	5,62±0,12
Белок	17,96±0,34	18,66±0,20	18,59±0,25
Зола	1,44±0,02	1,46±0,04	1,43±0,02
Энергетическая питательность:			
МДж	6,38±0,11	6,70±0,09	6,67±0,11
Ккал	152,45±2,54	159,95±2,21	159,37±2,56

Таким образом, анализируя полученный материал по химическому составу мышечной ткани гусей, выявлена большая ее энергетическая питательность, содержание жира и белка. Вероятно, это связано с тем, что использование кормовой добавки «ВитАмМин» повлияло на накопление в мышцах жира и белка. Лучший состав мышечной ткани по данным показателям установлен у птицы 1 опытной группы, в рационы которой ввели добавку «ВитАмМин» в дозировке 0,7 мл/л воды.

В таблице 7 приведены данные по экономической эффективности использования кормовой добавки «ВитАмМин» при выращивании гусят.

В начале опыта поголовье во всех группах было равным (по 500 гол). При выращивании сохранность в группах была различной. Гусята контрольной группы отличались меньшей сохранностью и уступали гусятам 1 опытной группы на 3,80%, а 2 опытной – на 2,00%. Различие по данному показателю между 1 и 2 опытными группами составило 1,80%. За период проведения опыта общий расход комбикорма в контрольной группе был меньше, чем в 1 опытной на 8,05%, во 2 опытной – на 5,26%. Расход корма на 1 голову в контроле был меньше, чем в 1 опытной на 3,85%, и на 3,07% в сравнении со 2 опытной. Расход корма на 1 кг прироста в опытных группах был меньше на 1,33 и 1,94%, чем в контрольной. Во всех группах стоимость комбикорма была одинаковой. Но стоимость затраченных за период опыта кормов была разной. Общая стоимость скормленного комбикорма и кормовой добавки «ВитАмМин» за период выращивания в контроле была меньше, чем в 1 опытной группе на 10,49%, во 2 опытной – на 8,75%. Расход кормовой добавки «ВитАмМин» в 1 опытной группе составил 2,99 л, а во 2 опытной 4,28 л. В период проведения эксперимента стоимость 1 л кормовой добавки «ВитАмМин» составила 855 р/л. Общая стоимость израсходованной добавки «ВитАмМин» в 1 опытной группе составила 2559,02 р., а во 2 опытной 3655,13 р., что больше в сравнении с 1 опытной на 1096,11 р.

Таблица 7. Эффективность использования кормовой добавки «ВитАмМин» при выращивании гусят на мясо
Table 7. The effectiveness of the use of the «VitAmMin» feed additive when growing goslings for meat

Показатель	Группы		
	контрольная	1 опытная	2 опытная
Поголовье гусят в начале выращивания, гол.	500	500	500
Сохранность гусят, %	94,00	97,80	96,00
Общий расход корма за период выращивания, кг	6460,0	6980,0	6800,0
Расход корма на 1 голову, кг	13,74	14,27	14,17
Стоимость 1 т комбикорма, руб.	19000	19000	19000
Общая стоимость кормов и добавок, тыс. руб.	122,74	135,61	133,48
Общий расход добавки «ВитАмМин», л	0,00	2,99	4,28
Общая стоимость добавки «ВитАмМин», руб.	0,00	2559,02	3655,13
Прирост живой массы 1 головы, г	3698	3892	3887
Расход корма на 1 кг прироста, кг	3,72	3,67	3,64
Общий прирост живой массы, кг	1738,06	1903,19	1865,76
Выход потрошеной тушки, %	59,34	61,09	60,74
Выход мяса в потрошеном виде, кг	1053,68	1186,56	1156,59
Стоимость реализации 1 кг мяса, руб.	350	350	350
Выручка от реализации мяса в потрошеном виде, тыс. руб.	368,79	415,29	404,81
Общие затраты на выращивание птицы, тыс.руб.	339,34	359,01	355,78
Прибыль от реализации мяса птицы, тыс.руб.	29,45	56,28	49,03
Рентабельность, %	8,68	15,68	13,78

Выводы. Гусята опытных групп превосходили гусят контрольной группы по приросту живой массы на 5,25 и 5,11%, соответственно общему приросту живой массы на 9,50% и на 7,35%, по выходу потрошеной тушки – гусята на 1,75 и 1,40%.

Общие затраты на выращивание птицы в опытных группах гусят были больше, чем в контрольной на 5,80 и 4,84%, уровень рентабельности производства мяса гусей в опытных группах был выше на 7,00 и 5,10%, соответственно, по сравнению с контрольной.

При этом наибольший уровень рентабельности производства гусиного мяса был получен в группе, потреблявшей кормовую добавку «ВитАмМин» в дозировке 0,7 мл/л воды, в сравнении с контролем и группой птицы, потреблявшей «ВитАмМин» в дозировке 1,0 мл/л воды. Гусята 1 опытной группы характеризовались большей сохранностью, приростом живой массы, выходом потрошеной тушки, что обеспечило наибольшую прибыль от реализации мяса гуся по сравнению с остальными группами.

Список источников литературы

1. Фисинин В. Рынок продукции птицеводства стабилен // Животноводство России. 2019. № 3. С. 8–11.

2. Николаева Е. Отрасль развивается динамично // Животноводство России. 2019. № 3. С. 12–14.

3. Давлеев А. Будущее птицеводства. К чему готовиться? // Животноводство России. 2021. № 2. С. 13–15.

4. Крылова С.А., Лежнина Т.А. Анализ состояния и перспективы развития мясного и яичного птицеводства // Аллея науки. 2019. Т.1. № 11(38). С. 298–301.

5. Суханова С.Ф. Установление степени выраженности связей в биологическом объекте под влиянием различных факторов // Инновационные достижения науки и техники АПК: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Самара, 18 декабря 2018 года. С. 143–148.

6. Суханова С.Ф. Внешние факторы, определяющие функционирование биологических систем // Биотехнологические аспекты управления технологиями пищевых продуктов в условиях международной конкуренции: Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция, Курган, 19 марта 2019 года. С. 407–412.

7. Суханова С.Ф. Изучение корреляционных связей в биологическом объекте под действием кормового фактора // Биотехнологические аспекты управления технологиями пищевых продуктов в условиях международной конкуренции: Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция, Курган, 19 марта 2019 года. С. 274–283.

8. Суханова С.Ф. Определение воздействия кормового фактора на показатели биологических систем // Актуальные проблемы экологии природопользования: XX Международная научно-практическая конференция, Москва, 25-27 апреля 2019 года. С. 204–214.

9. Корниенко С.А. и др. Влияние АПИ-продуктов на организм цыплят-бройлеров // Естественные и технические науки. 2011. № 5. С. 167–168.

10. Ахметова Л. и др. Влияние добавки Винивет на рост и развитие цыплят кросса «Конкурент-2» // Птицеводство. 2012. № 11. С. 19–21.

11. Фисинин В.И., Егоров И.А. Современные тенденции в кормлении птицы // Современные проблемы ветеринарной диетологии и нутрициологии: материалы Международного симпозиума. Сергиев Посад, ВНИТИП, 2008. С. 110–113.

12. Фисинин В.И., Штеле А., Ерастов Г. Витамины в пищевых яйцах // Птицеводство. 2008. № 3. С. 2–5.

13. Колотилова А.И., Глушаков Е.П. Витамины (химия, биохимия и биологическая роль). Л.: Издательство Ленинградского университета, 1976. 248 с.

14. Спиридонов И.П., Мальцев А.Б., Давыдов В.М. Кормление сельскохозяйственной птицы от А до Я. Омск: Областная типография, 2002. 704 с.

15. Суханова С.Ф., Азаубаева Г.С. Научное и практическое обоснование эффективности использования кормовых средств в гусеводстве. Курган: КГСА, 2015. 472 с. ISBN 978-5-91596-105-9.

16. Суханова С.Ф., Азаубаева Г.С., Махалов А.Г. Планирование и организация эксперимента. Курган: КГСА, 2015. 175 с. ISBN 978-5-91596-109-7.

17. Егоров И.А., Манукян В.А., Околелова Т.М. и др. Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы. М.: Лика, 2018. 226 с.

References

1. Fisinin V. The poultry market is stable. *Zhivotnovodstvo Rossii* [Animal Husbandry of Russia]. 2019;3:8–11. (In Russ.)

2. Nikolaeva E. The industry is developing dynamically. *Zhivotnovodstvo Rossii* [Animal Husbandry of Russia]. 2019;3:12–14. (In Russ.)

3. Davleev A. The future of poultry farming. What to prepare for? *Zhivotnovodstvo Rossii* [Animal Husbandry of Russia]. 2021;2:13–15. (In Russ.)

4. Krylova S.A., Lezhnina T.A. Analysis of the state and prospects for the development of meat and egg poultry. *Alleya nauki* [Alley of Science]. 2019;1;11(38):298–301. (In Russ.)

5. Sukhanova S.F. Establishing the degree of severity of relationships in a biological object under the influence of various factors. *Innovacionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK: Sbornikn auchnyh trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex: Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference], Samara, 18 dekabrya 2018 goda. P. 143–148. (In Russ.)

6. SukhanovaS.F. External factors that determine the functioning of biological systems. *Biotekhnologicheskie aspekty upravleniya tekhnologiyami pishchevyh produktov v usloviyah mezhdunarodnoj konkurencii: Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya* [Biotechnological aspects of food technology management in the conditions of international competition: All-Russian (national) scientific and practical conference], Kurgan,19 marta 2019 goda. p. 407–412. (In Russ.)

7. Sukhanova S.F. Izuchenie korrelyacionny`x svyazej v biologicheskom ob``ekte pod dejstviem kormovogo faktora. *Biotekhnologicheskie aspekty upravleniya tekhnologiyami pishchevyh produktov v usloviyah mezhdunarodnoj konkurencii: Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya* [Biotechnological aspects of food technology management in the conditions of international competition: All-Russian (national) scientific and practical conference], Kurgan, 23 maya 2019 goda, 2019. p. 274–283. (In Russ.)

8. Sukhanova S.F. Determination of the impact of the feed factor on the performance of biological systems. *Aktual'nye problem ekologii prirodopol'zovaniya: XX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya* [Actual problems of nature management ecology: XX International Scientific and Practical Conference], Moscow, 10 aprelya 2019 goda. 2019. P. 204–214. (In Russ.)

9. Kornienko S.A. et al. Influence of API products on the body of broiler chickens. *Estestvennyeitekhnicheskienauki* [Natural and technical sciences]. 2011;5:167–168. (In Russ.)

10. Akhmetova L. etal. Influence of the additive Vinivet on the growth and development of chickens of the Competitor-2 cross. *Pticevodstvo*. 2012;11:19–21. (In Russ.)

11. Fisinin V.I., Egorov I.A. Modern trends in poultry feeding. *Sovremennye problem veterinarnoj dietologii i nutriciologii: Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma* [Modern problems of veterinary dietology and nutrition: Proceedings of the International Symposium]. Sergiev Posad: VNITIP, 2008. p. 110–113. (In Russ.)

12. Fisinin V.I., Shtele A., Erastov G. Vitamins in food eggs. *Pticevodstvo*. 2008;3:2–5. (In Russ.)

13. Kolotilova A.I., Glushakov E.P. *Vitaminy (himiya, biohimiya i biologicheskaya rol')* [Vitamins (chemistry, biochemistry and biological role)]. – L.: Izdatel’stvo Leningradskogo universiteta, 1976. 248 p. (In Russ.)

14. Spiridonov I.P., Maltsev A.B., Davydov V.M. *Kormlenie sel'skohozyajstvennoj pticy ot A do YA* [Feeding poultry from A to Z]. Omsk: Oblastnaya tipografiya, 2002. 704 p. (In Russ.)

15. Sukhanova S.F., Azaubaeva G.S. *Nauchnoei prakticheskoe obosnovanie e`ffektivnosti ispol`zovaniya kormovy`x sredstv v gusevodstve* [Scientific and practical substantiation of the effectiveness of the use of feed in goose breeding]. Kurgan: KGSA, 2015. 472 p. ISBN 978-5-91596-105-9. (In Russ.)

16. Sukhanova S.F., Azaubaeva G.S., Maxalov A.G. *Planirovanie I organizaciya eksperimenta* [Planning and organization of the experiment]. Kurgan: KGSA, 2015. 175 p. ISBN 978-5-91596-109-7. (In Russ.)

17. Egorov I.A., Manukyan V.A., Okolelova T.M. et al. *Rukovodstvo po kormleniyu sel`skoxozyajstvennoj pticy* [Poultry Feeding Guide] / eds. Fisinina V.I., Egorova I.A. M.: Lika, 2018. 226 p. (In Russ.)

Сведения об авторе

Суханова Светлана Фаилевна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева», SPIN-код: 6173-5278, Author ID: 149859, Scopus Author ID: 57202812680

Information about the author

Svetlana F. Sukhanova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev», SPIN-code: 6173-5278, Author ID: 149859, Scopus Author ID: 57202812680

Статья поступила в редакцию 18.02.2022; одобрена после рецензирования 09.03.2022; принята к публикации 11.03.2022.

The article was submitted 18.02.2022; approved after reviewing 09.03.2022; accepted for publication 11.03.2022.

Научная статья
УДК 636.4:004.9
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-71-80

ВЗАИМОСВЯЗЬ НАУЧНЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СВИНОВОДСТВЕ

Ольга Леонидовна Третьякова[✉1], **Юрий Анатольевич Колосов**[2], **Светлана Сергеевна Романцова**[3]
[1,2,3]Донской государственный аграрный университет, ул. Кривошлыкова, 24, п. Персиановский, Ростовская область, Россия, 346493
✉[1]tretiakova.olga2013@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-0295-8939
[2]kolosov-dgau@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-6826-8009
[3]sveta.4rom@yandex.ru

Аннотация. В работе проведена оценка эффективности взаимодействия научных, информационных, технологических и производственных процессов на свиноводческом комплексе ЗАО «Племзавод-Юбилейный» Тюменской области. Задачи исследования включали анализ динамики изменения показателей роста и развития животных, оценки изменения качественных показателей мяса при использовании научных методов генетической ценности животных, индексной оценки с использованием программного обеспечения на всех этапах производственного цикла, с акцентом на репродуктивные и воспроизводительные способности, оценкой качества туш, применением генных маркеров и показателей качества продукции.

Организация работы на принципе взаимодействия позволяет активно корректировать программы селекции, вводить новые элементы и модули в комплекс программ, оценивать животных по индексам и качеству продукции. Процесс автоматизации зоотехнического и племенного учёта в свиноводстве был начат в 2004 году с внедрения комплекса программ, индексной и геномной селекции. Графики отражают тенденции снижения толщины шпика, увеличения процента мясности в туше. Следует отметить, что показатели у свинок выше, чем у хрячков. Взаимодействие между учёными, программистами и специалистами промышленного производства основано на внедрении и апробации современных селекционных методов работы со стадом свиней с акцентом на репродуктивные и воспроизводительные способности, оценкой качества туш, вводом новых элементов и модулей в комплекс компьютерных программ. Туши подсвинков породы ландрас по категориям распределились следующим образом: категория E – «Превосходный» (до 60% выход мяса) – 43,8%; категория U – «Достаточно хороший» (до 45% выход мяса) – 55%; категория R – «Хороший» (до 50% выход мяса) – 1,2%.

Ключевые слова: программное обеспечение, цифровизация, взаимодействие, наука, производство, свиноводство, учёт, оценка, анализ, качество продукции

Для цитирования. Третьякова О.Л., Колосов Ю.А., Романцова С.С. Взаимосвязь научных, информационных, технологических и производственных процессов в свиноводстве // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 71–80. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-71-80

Research Article

INTERRELATION OF SCIENTIFIC, INFORMATION, TECHNOLOGICAL AND PRODUCTION PROCESSES IN PIG BREEDING

Olga L. Tretyakova[✉1], **Yuri A. Kolosov**[2], **Svetlana S. Romantsova**[3]
[1,2,3]Don State Agrarian University, st. Krivoshlykova, 24, Persianovskiy village, Rostov region, Russia, 346493
✉[1]tretiakova.olga2013@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-0295-8939
[2]kolosov-dgau@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-6826-8009
[3]sveta.4rom@yandex.ru

© Третьякова О.Л., Колосов Ю.А., Романцова С.С., 2022

Abstract. The effectiveness of the interaction of scientific, information, technological and production processes at the pig-breeding complex of CJSC Plemzavod-Yubileiny in the Tyumen region is evaluated in this article. The objectives of the study included the analysis of the dynamics of changes in the growth and development of animals, the assessment of changes in the quality indicators of meat using scientific methods of the genetic value of animals, the index assessment using software at all stages of the production cycle, with an emphasis on reproductive and reproductive abilities, the assessment of the quality of carcasses, the use gene markers and indicators of product quality.

The organization of work on the principle of interaction makes it possible to adjust breeding programs actively introduce new elements and modules into the program complex, evaluate animals by indexes and product quality. The process of automation of zootechnical and breeding records in pig breeding was started in 2004 with the introduction of a set of programs, index and genomic selection. The graphs reflect the trends of decreasing the thickness of the fat, increasing the percentage of meat content in the carcass. It should be noted that the indicators in pigs are higher than in boars. The interaction between scientists, programmers and industrial production specialists is based on the introduction and testing of modern breeding methods of working with a herd of pigs with an emphasis on reproductive and reproductive abilities, assessment of the quality of carcasses, the introduction of new elements and modules in the complex of computer programs. Carcasses of piglets of the Landrace breed were categorized as follows: category E – «Excellent» (up to 60% meat yield) – 43,8%; category U – «Good enough» (up to 45% meat yield) – 55%; category R – «Good» (up to 50% meat yield) – 1,2%. The results were obtained with the close connection of scientists, production workers, processors and consumers. This is a complex work on the evaluation of animals, their selection, selection, replication and compatibility of the best qualities in new specialized animal lines.

Keywords: software, digitalization, interaction, science, production, pig breeding, accounting, evaluation, analysis, product quality

For citation: Tretyakova O.L., Kolosov Yu.A., Romantsova S.S. Interrelation of scientific, information, technological and production processes in pig breeding. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022;1(35):71–80. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-71-80

Введение. Изменилось наше отношение к информации и средствам её передачи. На правительственном уровне разработана программа «Цифровизации сельского хозяйства», в которой определены основные этапы перевода отрасли на новый интеллектуально-технологический уровень. Информатизация и модернизация производственных процессов позволяют перевести её в высокотехнологичную отрасль. Современное состояние цифровизации отечественного сельского хозяйства вызывает серьезную обеспокоенность и сопровождается недостаточным уровнем научно-практических знаний, слабой обеспеченностью информационными техническими средствами и техникой, а также неразвитостью системы логистики, что приводит к высоким издержкам производства. При этом лишь крупные сельскохозяйственные товаропроизводители обладают возможностями использования ИТ-оборудования и платформ [1–4]. К таким предприятиям в области животноводства относятся группа «Черкизово», компания «Мираторг», группа «Ресурс», «Агрокомплекс» им. Н. Ткачева, «Сибагро». Значительных успехов эти предприятия добиваются, используя преимущества генетики, передовых технологий тестирования животных и их оценивания, внедрения современных информационных и технологических решений, позволяющих получать впечатляющие результаты [5–11].

Цель исследования – оценить эффективность взаимодействия научных, информационных, технологических и производственных процессов на свиноводческом комплексе ЗАО «Племзавод-Юбилейный» Тюменской области. Задачи исследования включали анализ динамики изменения показателей роста и развития животных, оценки изменения качественных показателей мяса при использовании научных методов генетической ценности животных, индексной оценки с использованием программного обеспечения на всех этапах производственного цикла.

Материалы, методы и объекты исследований. Процесс автоматизации зоотехнического и племенного учёта в свиноводстве был начат в 2004 году с внедрения в ЗАО «Племзавод-Юбилейный» Тюменской области комплекса программ АСС (Автоматизированные системы в свиноводстве», разработчик ООО «Селиком» г. Рязань при научном сопровождении ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет». Схема работы комплекса программ по подразделениям и движение информации приведены на рисунке 1.

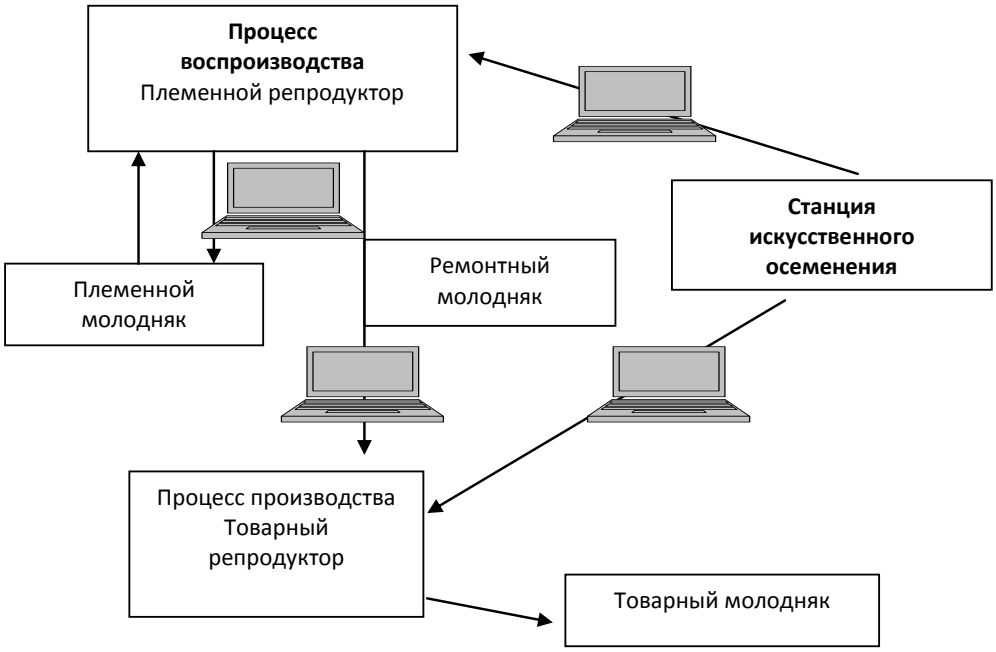


Рисунок 1. Движение информации по технологическим цехам производства
Figure 1. The movement of information in the technological workshops of production

На свиноводческом комплексе ЗАО «Племзавод-Юбилейный» Тюменской области создана локальная сеть, которая обеспечивает сбор информации о животных с племенного и товарного репродукторов, станции искусственного осеменения, товарного комплекса. Созданная база данных постоянно пополняется новой информацией, обрабатывается учёными Донского ГАУ и разрабатываются рекомендации по корректировке селекционных и технологических производственных программ.

Взаимодействие научных работников, программистов и специалистов производства проводится по схеме, приведенной на рисунке 2.

Взаимодействие между учёными, программистами и специалистами промышленного производства основано на внедрении и апробации современных селекционных методов работы со стадом свиней с акцентом на воспроизводительные способности, оценкой качества туш, вводом новых элементов и модулей в комплекс компьютерных программ.

Результаты исследований. Анализ показателей продуктивности свиней ЗАО «Племзавод-Юбилейный» Тюменской области за 5-ти летний период свидетельствует о значительном повышении биологических возможностей животных , что выражается в увеличении скорости их роста на 10 дней, среднесуточных приростов до 800-1000 г, сокращении затрат корма, снижении толщины шпика. Внедрение схемы взаимодействия на современном промышленном предприятии сопровождается ускорением процесса решения задач и способствует повышению оперативности работы зоотехника-селекционера и технологов производства (табл. 1).

Анализ данных таблицы показал, что ремонтные свинки породы ландрас отличаются высокой скороспелостью, откормочными и мясными качествами, т.е. в 146 дней длина туловища составляет 121 см, среднесуточные приросты живой массы достигают 885 г, глубина мышцы – 56 мм, выход мяса – 59%.

Рисунок 2. Схема взаимодействия науки, ИТ-компаний и производства
Figure 2. Scheme of interaction between science, IT companies and production

Таблица 1. Рост и развитие ремонтных свинок
Table 1. Growth and development of gilts

Показатели	Крупная белая		Ландрас		F1	
	всего	ремонт	всего	ремонт	всего	ремонт
Проверено животных, голов	564	215	7436	1451	5460	3686
Средний вес при взвешивании, кг	96	99	108	109	104	108
Среднесуточный прирост от рождения, г	599	616	688	692	634	656
Среднесуточный прирост от 4-х месяцев, г	780	**810**	883	**885**	842	**879**
Скороспелость, дни	167	**163**	148	**146**	160	**154**
Длина туловища, см	120	**120**	121	**121**	120	**120**
Толщина шпика при ж.м.100 кг, над 6-7 гр. позвонками, мм	12	12	11	11	14	14
Толщина шпика при ж.м.100 кг, на уровне 10-11 ребра, мм	9	9	8	8	9	8
Глубина длиннейшей мышцы спины, мм	57	**57**	55	**56**	54	**55**
Выход мяса, %	58	**58**	58	**59**	54	**55**

За 7-летний период наблюдений установлено, что показатель «возраст достижения живой массы 100 кг» сократился на 20 дней (с 151 дня до 134 дней), в 2018 г. у ♂ на 2 дня, а у ♀ на 4 дня по сравнению с 2016 годом. Значительно снизилась толщина шпика за 13-летний период на 9,9 мм у хрячков и на 3,5 мм у свинок (в 2005 г. ♂ с 20,3мм до 10,4 мм, ♀ с 14,5 мм до 11,0 мм). За 3 последних года снижение незначительно у хрячков на 1,1 и у свинок на 1,0 мм. Это результат планомерной селекционной работы с использованием новых методов индексной оценки животных. Селекционное давление на популяцию со стороны хряков-производителей в настоящее время составляет 15,3 против 14,2%. Список лучших ремонтных хрячков, прошедших оценку на контрольном выращивании, приведен в таблице 2.

Таблица 2. Прижизненная оценка ремонтных хрячков (ряд ранжирован по шпику)
Table 2. Intravital assessment of replacement boars (row ranked by lard)

Инд №	Ветвь, поколение	Скороспе-лость, дней	Затраты корма, кг	Шпик, мм	Длина туловища, см	Среднесу-точный прирост, г
851899	32	130	2,4	6	121	1415
851699	42	130	2,9	8	126	1101
851051	32	132	2,3	9	119	1106
850059	31	123	2,5	10	131	1158
851229	12	123	2,4	10	118	1359
851373	32	138	2,7	10	126	1080
852389	23	125	2,5	10	120	1327
850335	13	123	2,3	11	122	1375
851075	22	133	2,5	11	127	1092
851609	22	131	2,6	11	122	1296
851489	22	128	2,7	12	117	1203
851983	12	131	2,7	12	119	1264
852073	32	129	2,8	12	120	1222
851223	32	134	2,5	14	121	1296
851537	12	129	2,7	17	120	1240
852239	12	145	3,4	19	126	1000

Наименьшей толщиной шпика отличаются хрячки инд. №: 851899, 851699, 851051, имеющие величину менее 10 мм, при 130-132 днях возраста достижения живой массы 100 кг, среднесуточный прирост 1101-1415 г. Два хрячка инд. №: 851899, 851051 принадлежат 3 ветви, затраты корма 2,4-2,3-кг, инд. №: 851699 – 4 ветви, затраты корма 2,9 кг. Среднее значение толщины шпика у хрячков составило 14,08 мм, 38 голов из 65 имеют показатель толщины шпика ниже среднего уровня. Среднее значение глубины мышцы составило 57,58 мм у хрячков породы ландрас. Отмечается, что у 39 голов из 65 глубина мышцы выше среднего значения. График отражает значительное количество хрячков, имеющих убойный вес выше среднего 56-59% (рис. 3).

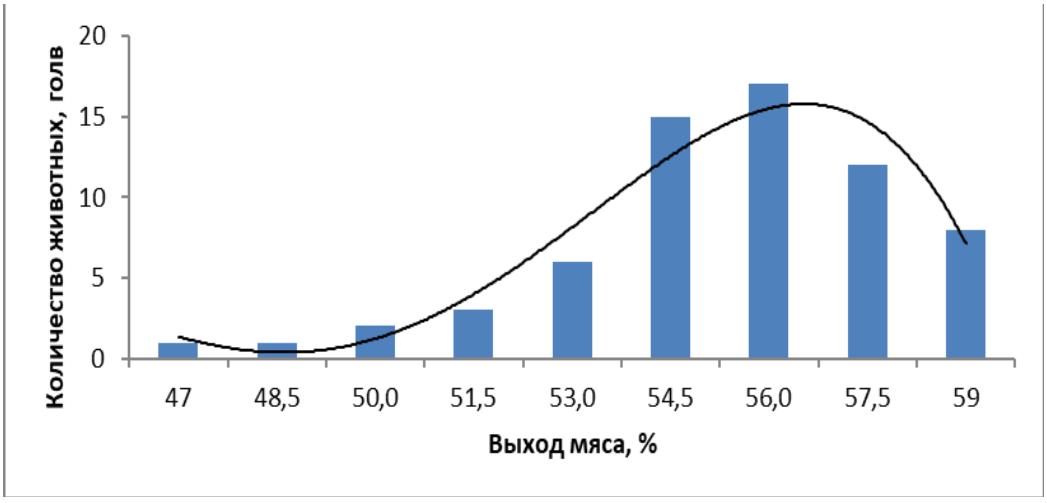


Рисунок 3. Выход мяса у хрячков, измеренный прибором
Figure 3. Meat yield in boars, measured by the device

Наибольшее количество животных имеют показатели толщины шпика над 6-7 грудными позвонками 14 мм, на уровне 9-10 ребра – 10,5 мм, глубину мышцы 57,2 мм, вес – 77,3 кг, выход мяса 55,9%. Выявлены 38 животных с толщиной шпика ниже среднего значения, что наглядно отражено на приведенной кривой. На рисунке 4 показано распределение свинок по толщине шпика, измеренной прибором на уровне 9-10 ребра и глубине мышцы.

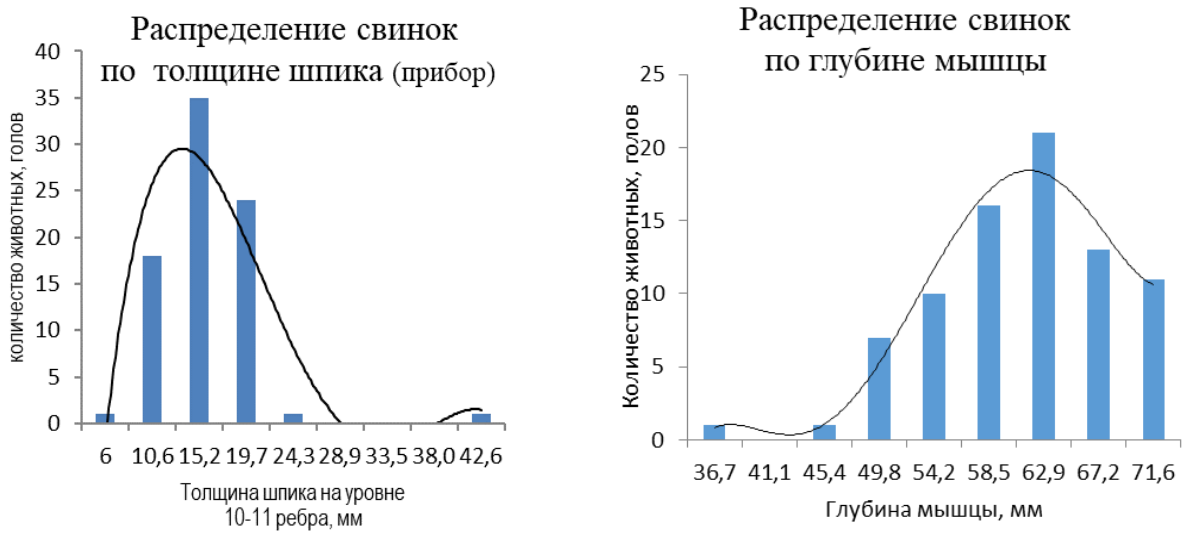


Рисунок 4. Распределение свинок по толщине шпика и глубине мышцы
Figure 4. Distribution of gilts according to fat thickness and muscle depth

Важный показатель, отражающий мясность туши, – глубина мышечной ткани, график отражает распределение свинок. Следует отметить, что показатели у свинок выше, чем у хрячков.

В наших исследованиях возрастные изменения показателей роста и развития свинок породы ландрас, включающие скороспелость и длину туловища, приведены на рисунке 5. За изучаемый период отмечается снижение возраста достижения живой массы 100 кг на 3,3 дня, возраста первого осеменения на 16 дней с 254 дней. Увеличилась длина туловища. Принимая во внимание важность оценки ремонтного молодняка и дальнейшую работу по увеличению длины туловища, пересчитаны селекционные индексы. Разработана система индексной оценки свиней, которая реализована в компьютерной программе в виде модуля оценки качества животных по индексам. Оценка осуществляется на протяжении всего технологического цикла: хряки-производители оцениваются по результатам опоросов, осеменённых ими свиноматок; свиноматки по результатам собственных опоросов; ремонтный молодняк оценивают в 4-6-8 месяцев. Животных, имеющих низкие величины индекса, выбраковывают, лучших используют для племенных целей. На рисунке 6 приведено окно программы с модулем «Задачи», Анализ продуктивности, Индексная оценка.

Автоматизированная оценка животных проводится по селекционному индексу, ранжируется по величине в порядке убывания и представляется в виде таблицы и может быть распечатана (рис. 7).

Использование селекционно-генетических методов отбора и подбора пар с использованием программных продуктов привело к значительному улучшению качественных показателей производства свинины. Так, туши подсвинков породы ландрас по категориям распределились следующим образом: категория E – «Превосходный» (до 60% выход мяса) – 43,8%; категория U – «Достаточно хороший» (до 45% выход мяса) – 55%; категория R – «Хороший» (до 50% выход мяса) – 1,2%.

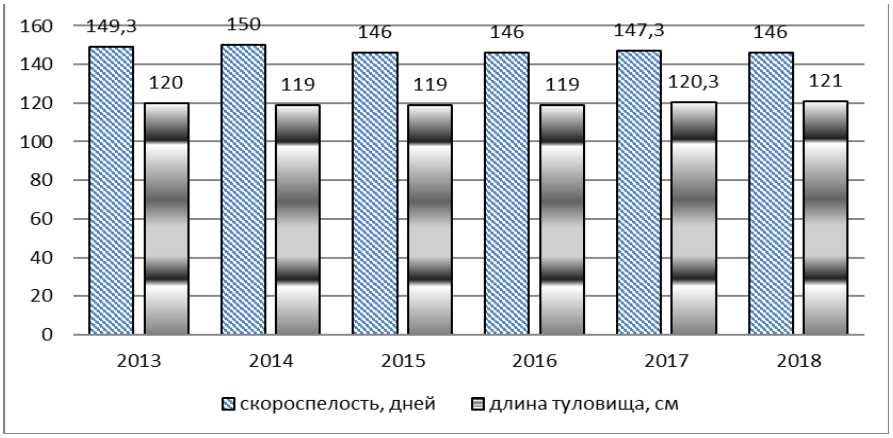


Рисунок 5. Динамика скороспелости и длина туловища
Figure 5. Dynamics of precocity and body length

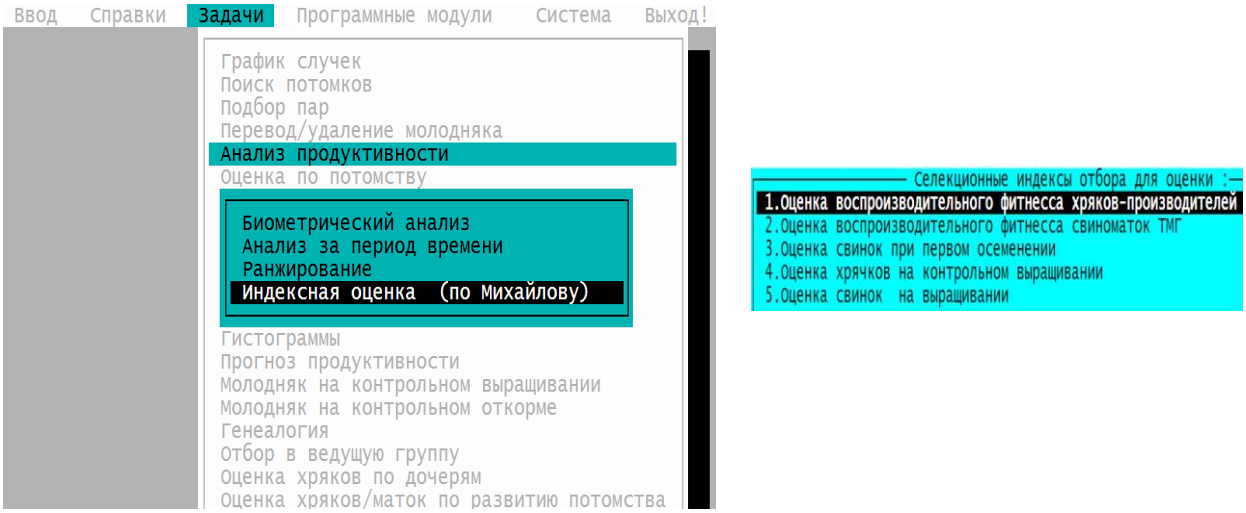


Рисунок 6. Окно программы КП АСС, модуль «Задачи»
Figure 6. Window of the KP ACC program, module «Tasks»

5.Оценка свинок на выращивании

Порода - Ландрас

N п/п	Код живот-ного	Кличка	Бирка	Воз-раст мес.	Селекц индекс	Возр. дост. 100кг дн.	Средн. суточн привес г	BLUP оценка	Вы-ход мяса кг	Дли на, см	Шпиг 10-11, мм	Мы шца, см
290	853696 01	ЛИНДА	7256	12	180.4	138	947	925602 62	67	118	7	63
291	860836 01	ЛАЙМА	6466	8	180.2	140	943	656601 62	66	120	11	65
292	860272 01	ЛОНДА	6245	8	179.9	157	788	635569 58	68	123	5	72
293	857484 01	ЛИНДА	4466	10	179.5	141	922	346611 43	67	120	8	65
294	850266 01	ЛАЙМА	5356	14	179.3	135	1129	536756 44	66	118	7	59
295	860686 01	ЛОНДА	6657	8	179.2	144	1000	665731 63	67	120	10	65
296	850198 01	ЛАЙЗА	3255	14	179.2	136	1197	225629 37	65	120	2	56
297	860906 01	ЛАЙЗА	6266	8	178.5	135	1085	426603 43	66	120	7	60
298	858000 01	ЛИНДА	8364	10	178.1	132	1123	836499 69	65	121	10	57
299	857370 01	ЛАЙМА	3567	10	177.8	146	974	456543 44	67	120	9	65
300	854044 01	ЛАЙМА	3457	12	177.7	150	835	345619 45	67	119	7	70
301	852046 01	ЛАЙМА	2163	13	177.6	153	814	226239 37	67	123	6	70
302	850930 01	ЛАЙМА	4265	14	177.4	155	831	716567 56	67	122	6	71
303	858842 01	ЛАЙМА	5665	9	176.6	138	949	566545 55	67	119	5	62
304	858578 01	ЛАЙМА	5457	9	176.6	137	973	545749 57	66	124	6	60

Рисунок 7. Окно программы АСС, форма вывода информации
Figure 7. ACC program window, information output form

Выводы. В селекционном и технологическом процессе производства свинины целесообразно использование различных электронных и интеллектуальных датчиков и других инструментов цифровизации, которые выполняют функции современных вычислительных технологий и фиксирующих систем. Совместная работа учёных, программистов и специалистов предприятия по апробации генетических, селекционных, технологических приёмов в производственный цикл позволила получить высокие показатели продуктивности свиней. В целом, приведенные показатели свидетельствуют о наличии исключительно ценных животных, которые оказывают существенное влияние на темпы селекционного отбора, включение таких животных в систему разведения позволяет в короткие сроки улучшить продуктивные качества породы.

Список источников литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства».

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 7 марта 2008 г. № 157 «О создании системы государственного информационного обеспечения сельского хозяйства».

3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р «Стратегия повышения качества пищевой продукции до 2030 года».

4. Гордеев А.В., Патрушев Д.Н., Лебедев И.В. и др. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. – М.: Росинформагротех, 2019. 48 с.

5. Ковалёв Ю.И. Импортозамещение в свиноводстве как первый этап создания экспортного потенциала. Отчёт о деятельности Национального Союза свиноводов за 2015 г. VII-е годовое общее собрание национального союза свиноводов, Москва, 30.06.2016.

6. Росстат, FAO Stat, Минсельхоз РФ, оценка ООО «АКМИ» http://россельхоз.рф/novosti/novosti-kompanii/pogolove-svinei-v-rossii-rastet.html

7. Демакова Е.А. Характерные особенности, проблемы и перспективы производства свинины на постсоветском пространстве // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2021. № 8 (77). С. 98–103.

8. Topigs Norsvin. Есть ли возможность повысить рентабельность производства свинины? // Эффективное животноводство. 2020. № 9 (166). С. 8–9.

9. Койнова А.Н. Автоматизация и цифровизация – ключ к эволюции в свиноводстве. Эффективное животноводство. 2020. №8(165). С. 66–72.

10. Орлова Н. Как технологии влияют на эффективность производства и качество свинины. Мясная промышленность. Сентябрь, 2020. https://plus.rbc.ru/news/5f740b997a8aa9f8209dcc8f

11. Третьякова О.Л., Гетманцева Л.В. Развитие информационно-коммуникационных технологий в свиноводстве // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2014, Т.3, №7. С. 589–593.

References

1. *Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 21 iyulya 2016 g. № 350 «O merax po realizacii gosudarstvennoj nauchno-texnicheskoj politiki v interesax razvitiya selskogo xozyajstva»* [Decree of the President of the Russian Federation of July 21, 2016 No. 350 «On measures to implement the state scientific and technical policy in the interests of the development of agriculture»]. (In Russ.)

2. *Postanovlenie Pravitelstva Rossijskoj Federacii ot 7 marta 2008 g. № 157 «O sozdanii sistemy gosudarstvennogo informacionnogo obespecheniya selskogo xozyajstva»* [Decree of the

Government of the Russian Federation of March 7, 2008 No. 157 «On the creation of a system of state information support for agriculture»]. (In Russ.)

3. *Rasporyazhenie Pravitelstva Rossijskoj Federacii ot 29 iyunya 2016 g. № 1364-r «Strategiya povysheniya kachestva pishhevoj produkcii do 2030 goda»* [Decree of the Government of the Russian Federation dated June 29, 2016 No. 1364-r «Strategy for improving the quality of food products until 2030»]. (In Russ.)

4. Gordeev A.V., Patrushev D.N., Lebedev I.V. et al. *Vedomstvennyj proekt «Cifrovoe sel'skoe hozyajstvo»* [Departmental project «Digital Agriculture»]: oficialnoe izdanie. M.: Rosinformagrotekh, 2019. 48 p. (In Russ.)

5. Kovalyov Yu.I. *Importozameshchenie v svinovodstve kak pervyj etap sozdaniya eksportnogo potenciala* [Импортозамещение в свиноводстве как первый этап создания экспортного потенциала]. Otchyot o deyatel'nosti Nacional'nogo Soyuza svinovodov za 2015 g. VII-e godovoe obshchee sobranie nacional'nogo soyuza svinovodov, Moscow, 30.06.2016. (In Russ.)

6. *Rosstat, FAO Stat, Minsel'hoz RF, ocenka OOO «AKMI»* [Rosstat, FAO Stat, Ministry of Agriculture of the Russian Federation, assessment by AKMI LLC], http://россельхоз.рф/novosti/novosti-kompanii/pogolove-svinei-v-rossii-rastet.html (In Russ.)

7. Demakova E.A. Characteristic features, problems and prospects of pork production in the post-Soviet space. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom hozyajstve* [Economics, labor, management in agriculture]. 2021;8(77):98–103. (In Russ.)

8. Topigs Norsvin. Is it possible to increase the profitability of pork production? *Effektivnoe zhivotnovodstvo* [Efficient animal husbandry]. 2020;9(166):8–9. (In Russ.)

9. Kojnova A.N. Automation and digitalization key to evolution in pig production. *Effektivnoe zhivotnovodstvo* [Efficient animal husbandry]. 2020;8(165):66–72. (In Russ.)

10. Orlova N. *Kak tekhnologii vliyayut na effektivnost' proizvodstva i kachestvo svininy* [How technology affects production efficiency and pork quality]. Myasnaya promyshlennost'. Sentyabr', 2020. https://plus.rbc.ru/news/5f740b997a8aa9f8209dcc8f. (In Russ.)

11. Tretyakova O.L., Getmanceva L.V. Development of information and communication technologies in pig breeding. *Sbornik nauchny`x trudov Vserossijskogo nauchno-issledovatel`skogo instituta ovcevodstva i kozovodstva* [Collection of scientific papers of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding]. 2014;3(7):589–593. (In Russ.)

Сведения об авторах

Третьякова Ольга Леонидовна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 6079-7324, Author ID: 453854

Колосов Юрий Анатольевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 3898-8474, Author ID: 348106, Scopus Author ID: 57190302148

Романцова Светлана Сергеевна – магистр, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 1342-1723, Author ID: 1099905

Information about the authors

Olga L. Tretyakova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», SPIN-code: 6079-7324, Author ID: 453854
Yuri A. Kolosov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», SPIN: 3898-8474, Author ID: 348106, Scopus Author ID: 57190302148

Svetlana S. Romantsova – Master, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», SPIN-code: 1342-1723, Author ID: 1099905

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 07.02.2022; одобрена после рецензирования 01.03.2022; принята к публикации 04.03.2022.

The article was submitted 07.02.2022; approved after reviewing 01.03.2022; accepted for publication 04.03.2022.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Научная статья
УДК 631.1.016(470.64)
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-81-89

ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Аслан Каральбиевич Апажев[1], **Юрий Ахметханович Шекихачев**✉[2]
[1,2]Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, пр. Ленина, д. 1в, Нальчик, Россия, 360030
[1]kbr.apagev@yandex.ru, http://orcid.org/0000-0002-5448-5782
✉[2]shek-fmep@mail.ru, http://orcid.org/0000-0001-6300-0823

Аннотация. В статье на основании анализа современного техногенного этапа развития аграрной сферы показано, что он характеризуется определенными сложностями, связанными с формированием экологически сбалансированных сельскохозяйственных производственных систем (СПС). Показано, что указанные сложности обусловлены охватом достаточно широкого круга вопросов: сложные физико-химические и биологические процессы в почве, круговорот веществ и потоков энергии в СПС, трансформация органического вещества, усовершенствование специализации СПС, оптимизация структуры сельскохозяйственных ландшафтов, организация территории землепользования и пр. Постоянное развитие АПК предусматривает обеспечение экологически безопасного и экономически сбалансированного взаимодействия трех сфер межотраслевой кооперации. Анализ состояния проблемы показал, что одним из условий устойчивого функционирования АПК для Кабардино-Балкарской Республики (КБР) является достижение оптимального соотношения стоимости продукции всех трех составляющих на основе современных методов эколого-математического моделирования. На основании результатов исследования, базирующихся на результатах анализа функционирования СПС в ООО НП «Шэджэм» Чегемского района КБР посредством логического анализа, установлено, что совершенствование структуры посевных площадей, планирование севооборотов, оптимизация использования удобрений и учет структурных и составляющих особенностей пашни позволило увеличить объем полученной продукции от 2,8 до 12,2% при одновременном уменьшении объема использованных финансовых средств на 11% и снижении себестоимости на 3-6%.

Ключевые слова: сельскохозяйственные производственные системы, почва, экология, удобрения, функционирование, устойчивость, оптимизация, моделирование

Для цитирования. 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. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-81-89

Research Article

OPTIMIZING THE FUNCTIONING OF AGRICULTURAL PRODUCTION SYSTEMS

Aslan K. Apazhev[1], **Yuri A. Shekikhachev**✉[2]
[1,2]Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Lenin Avenue, 1v, Nalchik, Russia, 360030
[1]kbr.apagev@yandex.ru, http://orcid.org/0000-0002-5448-5782
✉[2]shek-fmep@mail.ru, http://orcid.org/0000-0001-6300-0823

© Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., 2022

Abstract. Based on the analysis of the modern technogenic stage of development of the agrarian sector, the article shows that it is characterized by certain difficulties associated with the formation of environmentally balanced agricultural production systems (APS). It is shown that these difficulties are due to the coverage of a fairly wide range of issues: complex physicochemical and biological processes in the soil, the cycle of substances and energy flows in the APS, the transformation of organic matter, the improvement of the specialization of the APS, the optimization of the structure of agricultural landscapes, the organization of the land use area, etc. Constant the development of the agro-industrial complex provides for the provision of an environmentally safe and economically balanced interaction of the three areas of intersectoral cooperation. An analysis of the state of the problem showed that one of the conditions for the sustainable functioning of the agro-industrial complex for the Kabardino-Balkarian Republic (KBR) is to achieve the optimal ratio of the cost of production of all three components based on modern methods of environmental and mathematical modeling. According to the results of the study, based on the results of the analysis of the functioning of the APS in LLC NP «Shedzhem» of the Chegemsky district of the KBR through logical analysis, it was found that improving the structure of sown areas, planning crop rotations, optimizing the use of fertilizers and taking into account the structural and constituent features of arable land made it possible to increase the volume of obtained products from 2,8 to 12,2% while reducing the volume of used financial resources by 11% and reducing the cost by 3-6%.

Keywords: agricultural production systems, soil, ecology, fertilizers, functioning, sustainability, optimization, modeling

For citation. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A. Optimization of the functioning of agricultural production systems // *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of the 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

Введение. Специфическая особенность аграрного производства – зависимость его эффективности как от количества вложенных в него материально-трудовых ресурсов, которые являются определяющими для других производственных сфер, так и от того, соответствуют ли его отрасли специфическим природно-климатическим условиям региона. Адаптивность той или иной отрасли аграрного производства к почвенно-климатическим условиям региона важна, так как главные средства производства и объекты труда представлены живыми организмами, почвой, биотой, насекомыми, птицами, животными и т.д., которые характеризуются особенностью биологии и спецификой требований к природно-климатическим условиям. Всё это оказывает определяющее влияние на конечный результат труда в аграрном производстве [1-4].

Таким образом, только на базе учета особенностей биологии и специфики требований к природно-климатическим условиям региона возможно обеспечение высокой продуктивности сельскохозяйственных культур и животных. В противном случае делает аграрное производство малоэффективным и даже убыточным [5-8].

Эффективно проанализировать и исследовать динамику происходящих в СПС процессов, спрогнозировать их развитие в перспективе возможно с использованием методов эколого-математического моделирования [9-11].

Специфика всех задач математического моделирования связана с тем, что к ним, как правило, нельзя применить методы классического анализа при определении условных экстремумов. Даже в простейших задачах линейный экстремум находится в угловых точках множества решений, то есть в точках, в которых нарушается дифференцированность. Более того, классический метод решения экстремальных задач – метод множителей Лагранжа – разработан на случай, когда множество условий задано системой уравнений, а не системой неравенств.

Вторая специфическая особенность задач математического моделирования связана с размером задач.

В практических задачах количество переменных и ограничений достаточно велико и анализировать экстремальность всех угло-

вых точек множества условий просто невозможно.

Эти две специфические особенности задач математического моделирования и обусловили поиск эффективных методов решения. Отсюда цель математического моделирования – разработать аналитические методы решения задач или создать эффективные вычислительные схемы для получения приближенного решения.

Моделирование включает построение концептуальной основы экономической задачи и представление ее в математическом виде.

Практически все математические модели включают в себя три типа компонент-переменных: результирующие или зависимые переменные, независимые переменные, неконтролируемые переменные (погрешности). В случае, когда моделируемая система или объект управляемы, в структуру модели входят также управляющие переменные. Независимые переменные описывают те элементы задачи, для которых может быть сделан выбор (например, объемы распределения средств), они контролируются лицом, принимающим решение и математически неизвестными величинами. Задача моделирования состоит в определении лучших их значений. Зависимые переменные отражают эффективность работы системы, как хорошо система удовлетворяет свои цели (к примеру, общий доход).

Неконтролируемые переменные описывают факторы, оказывающие влияние на результат деятельности системы, но не руководствуются в рамках этой системы. Они также независимы. Сменные модели связываются между собой математическими уравнениями и неравенствами. Решение модели состоит в определении множества значений независимых переменных, обеспечивающих желаемый уровень эффективности системы.

Поскольку СПС являются сложными системами, часто возникает проблема сложности их формализации. Проблема сложности моделирования СПС имеет два аспекта: когда сложность связана с большим размером СПС; когда СПС имеет небольшое количество компонентов, но описывается сложным законом функционирования.

В первом случае начальная СПС или ее компоненты заменяются другой, более простой. Во втором случае СПС рассматривается как иерархическая структура, которая может разделяться на части, каждая из которых может в дальнейшем рассматриваться в определенной степени независимо друг от друга. В случае сложной иерархии СПС формализация должна производиться на каждом уровне детализации такой СПС.

Описание процессов, протекающих в СПС, их анализ и прогнозирование осуществляется с помощью их качественных и количественных характеристик. Для удачного управления СПС необходимо понимание явлений, порождающих имеющиеся свойства, как эти свойства отражают изучаемые технологические процессы.

Оптимизационное моделирование в сельском хозяйстве используется для нахождения оптимального состояния производства (по определенному критерию, например, максимуму производительности СПС, минимуму финансовых затрат и пр.) при ограниченном ресурсообеспечении при сохранении экологического состояния региона (сохранение или повышение плодородия почв, уменьшение или прекращение эрозии, поддержание способности СПС к самовосстановлению, уменьшение доли минеральных веществ, выносимых с урожаем и пр.).

Цель исследования – оптимизация функционирования СПС с использованием методов эколого-математического моделирования.

Материалы, методы и объекты исследования. База исследования – результаты функционирования СПС посредством логического анализа. Среди методов изучения количественных закономерностей, характеризующих СПС, особое внимание уделено совокупности методов обработки статистических данных, основанной на применении концепций и процедур математической статистики. Объект исследования – состояние функционирования СПС.

Результаты исследования. Сложность СПС, как объекта исследований, требует тщательного изучения для выяснения важнейших функциональных зависимостей, внутренних взаимосвязей между элементами системы. В результате принимаются возможные упрощения и допущения, что, очевидно, ухудшает адекватность полученных математических моделей. Однако только принятие определен-

ных допущений дает возможность формализации какой-либо экономической ситуации и ее моделирования.

Не существует общих рекомендаций по моделированию, поэтому в каждом конкретном случае требования к построению математической модели зависят от целей и условий исследования.

В процессе использования математического моделирования СПС четкая постановка задачи и ее формализация являются самым сложным этапом исследований, требующим основательных знаний, прежде всего экономической сущности моделируемых процессов. Однако удачно созданная математическая модель может быть в дальнейшем применена для других задач, не относящихся к первоначально моделируемой ситуации.

Применение методов экономико-математического моделирования предполагает решение комплекса сложных отраслевых задач: распределение дефицитных ресурсов, размещение предприятий отрасли, усовершенствование производственной структуры, оптимизация производственной программы, технологического процесса, запасов, транспортных расходов и т.д.

Совершенствование экономико-математического моделирования способствовало тому, что было создано большое количество математических моделей и соответствующих методов для обеспечения экономических, организационных и технологических процессов.

Экономико-математические модели являются результатом использования математических методов, которые делятся на:

1) оптимизационные: линейное, дискретное, параметрическое, динамическое программирование;

2) неоптимизационные: анализ временных рядов, статистическое моделирование, корреляционный, регрессионный, кластерный анализ, матричные методы.

Целесообразно выполнить сравнительный анализ методов оптимизации, поскольку именно эта группа позволяет сформировать критерий оптимальности, соответствующий целям поставленной задачи (в зависимости от целевой функции), определить эффективный план перевозки продукции от производителей к предприятиям-складам, минимизируя общие транспортные расходы при условии, что количество товара поставщиков реализуется полностью и максимально удовлетворены потребности потребителей.

Эколого-математическая модель оптимизации использования двух видов удобрений в ООО НП «Шэджэм» Чегемского района КБР (минеральных и биологических) для получения дополнительной продукции растениеводства запишется в виде:

$$M = \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} K_{ij} S_{ij} \to \max,$$

где:

K_{ij} – коэффициент выхода продукции j-той культуры на i-том участке;

S_{ij} – площадь i-того участка под i-той культурой.

Условия и ограничения модели:

- баланс площади пашни: $\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} Y_j S_{ij} \le F_i$;

- баланс удобрений: $\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} X_{rji} S_{ij} \le F_r$;

- баланс гумуса:

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} N_{rji} S_{ij} - \sum_{j \in J} \sum_{i = I} P_{rji} S_{ij} \le 0;$$

- баланс элементов питательных веществ для формирования валового урожая:

$$V_{rj} W_{ji} - Z_{rji} S_{ij} K_{rji}^{\min} - W_{rji} = 0;$$

- использование питательных веществ почвы: $W_{rji} - B_{rij} K_{rji}^{\min} \le 0$;

- формирование урожайности сельскохозяйственных культур: $W_{ji} \ge W_{j(p)}$;

- гарантированный объем производства продукции: $S_{ij} U_{ji}^{b} \le W_{ji} \le S_{ij} U_{ji}^{\max}$,

где:

Y_j – количество участков под j-й культурой;

S_{ij} – площадь i-го участка под j-той культуры;

F_i – ресурс пашни сельхозпредприятия;

I – множество земельных участков;

i – номер земельного участка, $i \in I$;

J – множество сельскохозяйственных культур;

j – номер сельскохозяйственной культуры, $j \in J$;

X_{rji} – количество удобрений r-го вида, что нужно внести под j-ю культуру на i-м поле;

F_r – ресурс удобрений;

P_{rji} – потери гумуса при внесении удобрений r-го вида, что нужно внести под j-ю культуру на i-м поле;

N_{rji} – накопление гумуса при внесении удобрений r-го вида, что нужно внести под j-ю культуру на i-м поле;

R – множество видов удобрений;

r – вид удобрения, $r \in R$;

V_{rj} – вынос r-ых питательных веществ единицей продукции j-ой культуры;

W_{ji} – валовой сбор j-ой культуры из i-го поля;

Z_{rji} – количество r-ых удобрений, которые необходимо внести на 1 га i-го поля под j-тую культуру;

$K_{rji}^{\min}$ – коэффициент использования питательных веществ r-го вида j-ой культуры на i-м поле из минеральных удобрений;

W_{rji} – количество r-ых питательных веществ, которые растения используют из почвы;

B_{rji} – запас r-ых питательных веществ в пахотном слое по всей площади i-го поля, засеянного j-ой культурой;

U_{ji}^{b} – уровень урожайности j-ой культуры на i-ом поле без внесения удобрений;

$U_{ji}^{\max}$ – уровень максимальной урожайности j-ой культуры на i-ом поле с внесением удобрений;

$W_{j(p)}$ – плановое производство продукции j-ой культуры.

При ручном проектировании СПС, как правило, невозможно разрабатывать и анализировать множество вариантов, что связано со значительной трудоемкостью выполнения этих работ. Решение данной задачи более эффективно при использовании систем автоматизации проектирования СПС (САПР СПС).

Цель применения САПР СПС – нахождение оптимального техпроцесса. Однако не может быть речи о каком-либо оптимальном функционировании СПС в общем содержании, поэтому поиск оптимального технологического процесса производится в отношении определенных критериев оптимальности. Однако в различных производственных условиях приоритет критериев оптимальности разный, поэтому актуальна проблема поиска путей создания системы многокритериальной оптимизации функционирования СПС.

На сегодня отсутствуют исследования, посвященные разработке эффективных систем многокритериальной оптимизации техпроцессов, в основном, из-за стремления к упрощению оптимизационной задачи.

Представляют определенный интерес исследования в направлении вывода методов получения обобщающих критериев оптимальности (интегральный подход) и принятия определенного критерия оптимальности в качестве определяющего (дифференциальный подход), однако прямое сочетание результатов работ в двух направлениях не способно сформировать систему многокритериальной оптимизации СПС вследствие существующих между ними концептуальных и формализационных противоречий.

Интегральный подход заключается в расписании общего критерия оптимизации СПС O_k к первоначальным коэффициентам [12]:

$$O_k = \sum_{i=1}^{n} v_i c_i,$$

где:

v_i – коэффициенты, определяющие вес каждого отдельного критерия;

c_i – отдельные критерии, которые в совокупности определяют комплексный критерий.

Отдельные критерии распределяются по категориям: технические, экономические и социальные. При этом перечислению общего критерия оптимизации предшествует нормализация собственных критериев оптимизации путем их сравнения с их максимальным и минимальным значением на множестве решений.

В работе [13] предлагается определение общего критерия (интегральный подход) на основе аддитивного, мультипликативного, конъюнктивного и дизъюнктивного подхода.

В случаях дифференциального подхода, т.е. принятия определенного собственного критерия оптимальности в качестве определяющего, задача сужается к определению одного критерия оптимальности, что делает невозможным изменение вектора ценности СПС и, соответственно, снижает гибкость САПР СПС. При интегральных подходах возникает проблема трудоемкости одновременного использования больших комплексов критериев оптимальности и установления взаимосвязей между ними. Кроме того, увеличение количества одновременно используемых критериев оптимальности требует установления их иерархической структуры, а существующие методы нахождения обобщающих критериев оптимальности не позволяют динамически определять взаимосвязи между собственными критериями оптимальности в соответствии с изменениями производственных условий и задач. Учет недостаточного количества критериев оптимальности приводит к преувеличению влияния отдельных критериев без учета других.

Применение дифференциальных подходов достаточно эффективно при решении задач проектирования СПС, однако такие типы оптимизации не учитывают возможность смены производственных приоритетов, что делает соответствующие САПР СПС не универсальными даже в рамках отдельного сельхозпредприятия.

Следовательно, пути оптимизации анализа функционирования СПС как по заранее заданным обобщающим критериям оптимальности, так и по собственным критериям оптимальности, ведут к снижению общей эффективности САПР СПС и увеличению вероятности принятия ошибочных решений.

С учетом изложенного, в качестве критерия оптимизации принято получение дополнительного количества продукции растениеводства. Модель построена на математической теории линейного программирования и эффективно решается симплекс-методом с искусственным базисом.

В результате оптимизации использования удобрений получен прирост валового сбора урожая зерна в хозяйстве в размере 852,32 ц. Использование эколого-математической модели позволило одновременно подойти к решению двух проблем – воспроизводство почвенного плодородия и повышения продуктивности растениеводства, что позволяет использовать внутренний возобновляемый потенциал хозяйства, что и определяет устойчивость сельскохозяйственной производственной системы (СПС).

Обработка оптимальных вариантов разработанных моделей позволила за счет усовершенствования производственной структуры за ограниченные ресурсы увеличивать объем полученной продукции от 2,8 до 12,2% при одновременном уменьшении суммы использованных финансовых средств на 11% и снижении себестоимости на 3-6%; то есть при минимальных затратах не только получать дополнительную продукцию и поступление, но и гарантированно восстановить природные ресурсы, обеспечить планирование и сбалансированное развитие всех составляющих СПС.

Выводы. Формирование конкурентоспособной экологически безопасной СПС должно осуществляться на основе научно обоснованного планирования сбалансированного развития всех отраслей и секторов производственного цикла с получением максимального экономического эффекта и рационального использования полученной прибыли.

С целью снижения деградационных явлений в современных СПС и создания предпосылок для их сбалансированного развития чрезвычайно важным является эколого-математическое моделирование СПС различного уровня, внедрение современных методов оптимизации функционирования СПС.

Сочетание возможностей современных программных продуктов и методов моделирования позволяет не только автоматизировать, унифицировать, значительно облегчить и ускорить проведение анализа данных о деятельности СПС, но и уменьшить погрешности расчетов и вероятность их появления, а следовательно, повысить эффективность функционирования СПС и создать предпосылки для эколого-экономического анализа взаимозависимостей природных и антропогенных факторов, выявления тесноты их связи и прогнозирования дальнейшего развития.

Использование эколого-оптимизационных моделей в ООО НП «Шэджэм» Чегемского района КБР позволило за счет совершенствования структуры посевных площадей, планирования севооборотов, оптимизации использования удобрений и учета структурных и составляющих особенностей пашни, из-за ограниченных ресурсов, увеличить объем полученной продукции от 2,8 до 12,2% при одновременном уменьшении суммы использованных финансовых средств на 11% и снижении себестоимости на 3-6%. В результате оптимизации использования удобрений получен прирост валового сбора урожая зерна в хозяйстве в размере 852,32 ц.

Список источников литературы

1. Kyul E.V., Apazhev A.K., Kudzaev A.B. et al. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards // Indian Journal of Ecology. 2017. Т. 44. № 2. С. 239–243.

2. Kudaev Z., Kumakhov A., Fiapshev A. et al. One the issue of the energy and resource saving // E3S Web of Conferences.262. 2021. 01027.DOI: 10.1051/e3sconf/202126201027

3. Шекихачева Л.З. Научно обоснованные принципы почвозащитной системы земледелия // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2021. № 4 (34). С. 86–90.

4. Шекихачева Л.З. Проблемы и перспективы экологизации сельскохозяйственного производства // В сб.: Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность. Материалы VII Международной научно-практической конференции. Нальчик, 2021. С. 253–256.

5. Бжеумыхов В.С., Шекихачева Л.З. Роль севооборотов при выращивании сельскохозяйственных культур по технологии no-till // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 1 (101). С. 34–45.

6. Бжеумыхов В.С., Тиев Р.А., Шекихачева Л.З. Технология возделывания подсолнечника по системе no-till с применением гербицидов // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 11 (99). С. 1675–1686.

7. Пазова Т.Х., Курманова М.К., Каздохов Х.К. и др. Оптимизация норм внесения удобрений в условиях эродированных почв // АгроЭкоИнфо. 2019. № 4 (38). С. 7.

8. Шекихачева Л.З., Мишхожев К.В., Жабоева Л.Х. Влияние уплотнения почвы на ее агрофизические свойства и урожай сельскохозяйственных культур // В сб.: Инженерное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса России. Сборник научных трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 257–260.

9. Apazhev A.K., Fiaphev A.G., Shekikhachev Y.A. et al. Modeling the operation process of the unit for processing row-spacings off ruit plantings // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 315(5). 052023. DOI: 10.1088/1755-1315/315/5/052023

10. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Hazhmetov L.M. et al. Mathematical model of the effective use of reclaimed lands in the South of Russia // Journal of Physics: Conference Series. 1889. 2021. 032033.DOI: 10.1088/1742-6596/1889/3/032033

11. Fiapshev A., Hamokov M., Kilchukova O. et al. Optimization of parameters and operating modes of a biomethane installation for maximum biomethane discharge // E3S Web of Conferences. 262. 2021. 01029.DOI: 10.1051/e3sconf/202126201029

12. Мишура Е.В. Комплексный подход в оптимизации технологических операций механообработки на основе использования нейросетевых технологий // Сборник докладов Международной научной конференции. Краматорск, 2005. С. 83–87.

13. Аверченков В.И., Горленко О.А. Проектирование технологических процессов на основе системного подхода. Брянск, 1986. 88 с.

References

1. Kyul E.V., Apazhev A.K., Kudzaev A.B. et al. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards. Indian Journal of Ecology. 2017;44(2):239–243.

2. Kudaev Z., Kumakhov A., Fiapshev A. et al. One the issue of the energy and resource saving. E3S Web of Conferences. 262. 2021. 01027. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201027

3. Shekihacheva L.Z. Science-based principles of soil-protective farming system. *Izvestiya-Kabardino-Balkarskogogosudarstvennogoagrarnogouniversitetaim. V.M. Kokova* [Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2021;4(34):86–90. (In Russ.)

4. Shekihacheva L.Z. Problems and prospects of greening agricultural production. *V sb.: Sel'skohozyajstvennoe zemlepol'zovanie i prodovol'stvennaya bezopasnost'. Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [In: Agricultural land use and food security. Materials of the VII International Scientific and Practical Conference]. Nal'chik, 2021:253–256. (In Russ.)

5. Bzheumyhov V.S., Shekihacheva L.Z. The role of crop rotations in the cultivation of agricultural crops using no-till technology.*Nauchnayazhizn'*. [Scientific Life]. 2020;15:1(101):34–45. (In Russ.)

6. Bzheumyhov V.S., Tiev R.A., Shekihacheva L.Z. No-till sunflower cultivation technology with the use of herbicides. *Nauchnaya zhizn'*. [Scientific Life]. 2019;14:11(99):1675–1686. (In Russ.)

7. Pazova T.H., Kurmanova M.K., Kazdohov H.K. et al. Optimizing Fertilizer Application Rates in Eroded Soil Conditions. *AgroEkoInfo*. 2019;4(38):7. (In Russ.)

8. Shekihacheva L.Z., Mishkhozhev K.V., ZHaboeva L.H. Influence of soil compaction on its agrophysical properties and crop yield. *V sb.: Inzhenernoe obespechenie innovacionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossii. Sbornik nauchnyh trudov VIII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [In: Engineering support for innovative development of the Russian agro-industrial complex. Collection of scientific papers of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference]. 2019:257–260. (In Russ.)

9. Apazhev A.K., Fiaphev A.G., Shekikhachev Y.A. et al. Modeling the operation process of the unit for processing row-spacings of fruit plantings. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019;315(5). 052023. DOI: 10.1088/1755-1315/315/5/052023

10. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Hazhmetov L.M. et al. Mathematical model of the effective use of reclaimed lands in the South of Russia. Journal of Physics: Conference Series. 1889. 2021. 032033. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/3/032033

11. Fiapshev A., Hamokov M., Kilchukova O. et al. Optimization of parameters and operating modes of a biomethane installation for maximum biomethane discharge. E3S Web of Conferences. 262. 2021. 01029. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201029

12. Mishura E.V.An integrated approach to optimizing technological operations of machining based on the use of neural network technologies. *Sbornik dokladov Mezhdunarodno jnauchnoj*

konferencii [Collection of reports of the International Scientific Conference]. Kramatorsk, 2005:83–87. (In Russ.)

13. Averchenkov V.I., Gorlenko O.A. *Proektirovanie tekhnologicheskih processov na osnove sistemnogo podhoda* [Design of technological processes based on a systematic approach]. Bryansk, 1986. 88 p. (In Russ.)

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, Author ID: 261514, Scopus Author 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, Author ID: 480039, Scopus Author ID: 57205029899, Researcher ID: AAE-3244-2019

Information about the authors

Aslan K. Apazhev – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», SPIN-code: 1530-1950, Author ID: 261514, Scopus Author ID: 57195587959, Researcher ID: H-4436-2016

Yuri A. Shekikhachev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», SPIN-code: 4107-1360, Author ID: 480039, Scopus Author ID: 57205029899, Researcher ID: AAE-3244-2019

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 11.02.2022; одобрена после рецензирования 04.03.2022; принята к публикации 09.03.2022.

The article was submitted 11.02.2022; approved after reviewing 04.03.2022; accepted for publication 09.03.2022.

Научная статья
УДК 614.872
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-90-97

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ В СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОЕНИИ НА РОБОТИЗИРОВАННОМ СТЕНДЕ

Сергей Ефимович Башняк[✉1], **Михаил Александрович Лемешко**[2], **Ирина Михайловна Башняк**[3]
[1]Донской государственный аграрный университет, ул. Кривошлыкова, 24, п. Персиановский, Ростовская обл., Россия, 346493, [✉]bess1959@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-1203-1018
[2]Институт сферы обслуживания и предпринимательства – филиал Донского государственного технического университета, ул. Шевченко, 147, г. Шахты, Ростовская обл., Россия, 346500, lem-mikhail@ya.ru
[3]Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская обл., Россия, 346428, baimix1957@mail.ru

Аннотация. В статье изложены сведения о стационарном роботизированном стенде, предназначенном для экспериментальных исследований, приведено описание работы этого стенда. Особенностью стенда является выполнение исследовательской установки с возможностью программного выполнения исследований без обязательного присутствия исследователя. Используется дистанционно управляемый усилитель мощности, дистанционно управляемый генератор звука и персональный компьютер со специальным программным обеспечением. Источник звука расположен вблизи от одной из торцевых стенок звукоизолированной камеры. Приёмник звука в виде высокоточного микрофона, расположен у противоположной торцевой стенки звукоизолированной камеры и подключён к звукообрабатывающему модулю, который подключён к персональному компьютеру. Разработанный стенд является примером концепции роботизированных исследований, направлением совершенствования методики исследовательской работы. Приведено описание конструкции стенда, даны сведения об известном аналогичном исследовательском оборудовании. Приведена схема стенда и описание его конструкции. Приведены некоторые результаты исследований звукоизолирующих материалов. Показано влияние структуры звукоизолирующих материалов на частотные характеристики акустического сопротивления. Сущность автоматизации стенда заключается в программном изменении исследовательских режимов для каждого опыта. Роботизированный стенд обеспечивает надежность результатов экспериментальных исследований, позволяет ускорить получение результатов.

Ключевые слова: роботизированный стенд, генератор звука, звукоизолирующий материал, автоматизированные исследования, результаты изысканий

Для цитирования. Башняк С.Е., Лемешко М.А., Башняк И.М. Исследования звукоизолирующих материалов на роботизированном стенде // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 90–97.
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-90-97

© Башняк С.Е., Лемешко М.А., Башняк И.М., 2022

Research Article

RESEARCH OF SOUNDPROOFING MATERIALS IN AGRICULTURAL MACHINERY ON A ROBOTIC STAND

Sergey E. Bashnyak[1]✉, **Mikhail A. Lemeshko**[2], **Irina M. Bashnyak**[3]
[1]Don State Agrarian University, st. Krivoshlykova, 24, Persianovsky village, Rostov region, Russia, 346493, ✉bess1959@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-1203-1018
[2]Institute of Service and Entrepreneurship – branch of the Don State Technical University, st. Shevchenko, 147, Shakhty, Rostov Region, Russia, 346500, lem-mikhail@ya.ru
[3]Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A.K. Kortunov – branch of the Don State Agrarian University, st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russia, 346428, baimix1957@mail.ru

Abstract. The article provides information about a stationary robotic stand designed for experimental research, a description of the operation of this stand is given. A feature of the stand is the implementation of a research facility with the possibility of programmatic research without the obligatory presence of a researcher. A remotely controlled power amplifier, a remotely controlled sound generator and a personal computer with special software are used. The sound source is located close to one of the end walls of the soundproof chamber. The sound receiver in the form of a high-precision microphone is located on the opposite end wall of the soundproof chamber and is connected to the sound processing module, which is connected to a personal computer. The developed stand is an example of the concept of robotic research, a direction for improving the methodology of research work. A description of the design of the stand is given; information about known similar research equipment is given. A scheme of the stand and a description of its design are given. Some results of studies of soundproof materials are given. The effect of the structure of soundproofing materials on the frequency characteristics of acoustic impedance is shown. The essence of test bench automation lies in programmatic change of research modes for each experiment. The robotic stand ensures the reliability of the results of experimental studies, allows you to speed up the results.

Keywords: robotic stand, sound generator, deadening, automated research, results of research

For citation. Bashnyak S.E., Lemeshko M.A., Bashneak I.M. Studies of sound-isolating materials on a robotic stand. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022;1(35): 90–97. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-90-97

Введение. Известно, что шум является одним из наиболее распространенных неблагоприятных факторов в жизнедеятельности человека, и в большей степени в условиях производств.

Шумовое воздействие на работающего человека сопровождается такими аномалиями, как быстрое утомление, снижение работоспособности, внимания и производительности труда, часто связано с ростом общей и профессиональной заболеваемости.

В настоящее время трудно назвать производство, на котором не встречаются повышенные уровни шума на рабочих местах. К одним из наиболее шумных отраслей относятся лесная и целлюлозно-бумажная, легкая, пищевая и мясомолочная промышленность.

В качестве примера выделим из множества производств проблемы с высоким уровнем шума в сельхозмашиностроении. Наиболее шумными операциями в сельхозмашиностроении считаются обрубные и клепальные работы с использованием пневматических инструментов, режимные испытания двигателей и их агрегатов различных систем, стендо-

вые испытания на вибропрочность изделий, барабанную галтовку, шлифовку и полировку деталей, штамповочно-прессовую заготовку. В этой отрасли наибольший объем приходится на станочную металлообработку, где занято около 50% всех работников отрасли.

Можно перечислить множество ситуаций, в которых шум является большой проблемой. Например, в авиации, при строительстве автодорог и железнодорожных транспортных путей, шум в городе, больших магазинах, на стадионах и т.д.

Очевидно, что проблема звукоизоляции всегда актуальна. Поэтому постоянно совершенствуются как звукоизолирующие панели, экраны, так и звукоизолирующие материалы [1, 2]. Для разработки новых звукоизолирующих материалов и оценки их свойств на звукоотражение и звукопоглощение необходимы исследования. В акустике для исследования вопросов прохождения и поглощения звуковых волн используются специальные стационарные исследовательские стенды, которые также необходимо совершенствовать.

Цель исследования заключается в разработке стенда по испытанию звукоизолирующих материалов сельскохозяйственного назначения для установления закономерностей, зависимостей, характерных величин, локальных экстремумов при варьирующихся условиях эксперимента, с возможностью измерения и записи изменяющихся показателей и характеристик.

Материалы, методы и объекты исследования. Экспериментальные исследования обеспечиваются применением определённых измерительных датчиков, вторичных приборов, преобразователей, средств визуализации процесса, средств регистрации измеряемых величин. Порядок опытов и порядок варьирования параметров выполняются по определённому алгоритму в соответствие с планом экспериментов, составленным с учётом решаемых задач.

Результаты исследования. Тема звукоизоляции весьма популярна у исследователей во всем мире. Отметим несколько таких работ [3–5], в которых решаются различные подходы к решению проблем в борьбе с шумом, а направления исследований весьма разнообразны, что подтверждает актуальность темы. Например, в работе [6] рассмотрен вопрос измерения эффективности шумозащитного экрана, влияние шума транспортного потока на здоровье человека, произведен анализ теоретических расчетов и экспериментальных данных, и на их основе предложены методы по улучшению шумоизолирующих свойств ограждений и экранов. Известны исследования, посвященные расчету эффективности шумозащитного экрана, с использованием перфорированных отверстий на передней поверхности звукоизолирующего экрана. В этих работах проведена оценка влияния размеров отверстий на эффективность экрана, выявлено малое изменение эффективности экрана на низких частотах при ширине отверстия до 0,2 м, а так же предложен способ приближения результатов расчета к натурным условиям [7].

Известны подходы к организации экспериментальных исследований новых материалов с использованием средств робототехники. Например, нами разработан автоматизированный стенд [8] для исследования тепловых процессов компрессионного холодильника. В этом стенде программно выполняются некоторые исследования подсистем холодильника в автономном режиме. Стенды для исследований звукоизоляции разрабатывались и раньше. Например, известно устройство измерения звукоизоляции панели, включающее генератор белого шума, усилитель мощности, громкоговоритель, два микрофона, полосовой фильтр, линию задержки, коррелятор и регистратор уровня [9]. В этом устройстве не предусмотрены анализ и исследование звукоизоляции панели при монохроматической частоте звуковых колебаний и при различной мощности звукового давления, а сам процесс измерения выполняется вручную – процесс не автоматизирован.

Известно также устройство для измерения показателей звукоизоляции панелей [10]. В этом устройстве используется два микрофона, генератор белого шума, усилитель мощности, громкоговоритель, нормализатор, аналого-цифровой преобразователь, цифровой сигнальный процессор и блок связи с ПЭВМ, причем выход микрофонов подключён к входу коммутатора, выход коммутатора подключен к входу нормализатора, выход нормализатора подключен к входу аналогово-цифрового преобразователя, выход аналого-

во-цифрового преобразователя – к входу цифрового сигнального процессора, а выход цифрового сигнального процессора подключен к блоку связи с ПЭВМ [11].

В этом устройстве не предусмотрен анализ особенностей звукоизоляции на отдельных частотах. Хотя известно, что в зависимости от структуры и плотности звукоизолирующего материала акустическое сопротивление звукоизоляции для высоких и низких частот различное.

Наиболее рационально экспериментальные исследования выполнять на специализированных стендах. В этих стендах предусмотрены возможности оперативно изменять условия каждого опыта, как правило, эти изменения выполняет оператор – исследователь.

В процессе экспериментальных исследований традиционно участвуют исследователь, оператор. Его основные функции при этом следующие: подготовка измерительной системы и контроль за работой измерительного и регистрационного оборудования; изменение варьируемых параметров; наблюдение за ходом эксперимента и контроль за стабильностью условий эксперимента. При исследовании новых материалов или новых процессов, исследователь часто прибегает к полному факторному эксперименту.

Иногда участие оператора предполагает ошибки и неточности в его работе, связанные с человеческим фактором.

Очевидно и желательно увеличить надежность исследований и точность настройки исследуемых режимов и варьируемых параметров. В идеале это должен быть полностью роботизированный стенд, который по программам без участия оператора – исследователя будет проводить эксперименты. Нами разработан подход, в котором удалось организовать проведение экспериментальных исследований с минимальным участием человека, предложен способ автоматизации некоторых функций исследователя. Например, программно можно варьировать и устанавливать различные параметры условий каждого опыта, контролировать стабильность условий эксперимента и бесперебойное выполнение опытов.

Исследовательский стенд разработан на базе звукоизолированной камеры, в которой установлены источники звука и приёмники звука. Между ними расположена перегородка, в которой с боковой стороны съемно размещается исследуемый образец из различных звукоизолирующих материалов.

Используются дистанционно управляемые усилитель мощности и генератор звука, а также персональный компьютер с особым программным обеспечением. Источник звука (высокой и низкой частот) расположен вблизи от одной из торцевых стенок звукоизолированной камеры. Эти источники звука подключены к выходу регулируемого усилителя мощности, который подключён к регулируемому генератору колебаний монохроматической частоты звука. Каналы управления частотой регулируемого генератора колебаний монохроматической частоты и мощностью регулируемого усилителя с внешним управлением подключены к выходным каналам персонального компьютера. Приёмник звука в виде высокоточного микрофона расположен у противоположной торцевой стенки звукоизолированной камеры и подключён к звукообрабатывающему модулю, подключённому к персональному компьютеру.

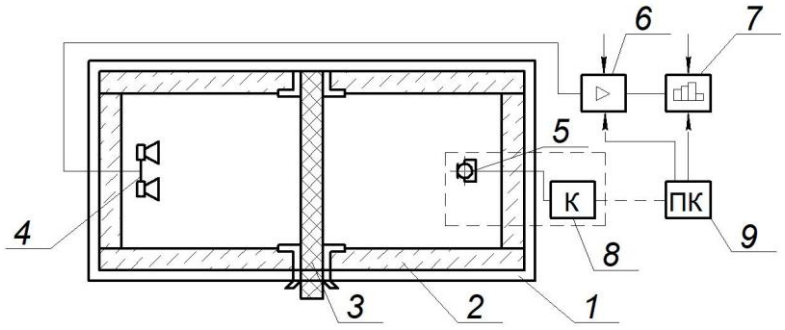


Рисунок 1. Автоматизированный стенд для исследования звукоизолирующих материалов
Figure 1. Automated stand for the study of soundproofing materials

На рисунке 1 приведена схема разработанного стенда, состоящего из корпуса *1*, со звукоизолирующим покрытием, окна *3* в корпусе для размещения исследуемых образцов звукоизолирующих материалов, источников звука *4*, чувствительного микрофона *5*, регулируемого усилителя мощности с внешним управлением *6*, регулируемого генератора колебаний монохроматической частоты *7*, контроллера *8* для анализа звукового сигнала и персонального компьютера *9* с программным обеспечением для регулирования частоты генератора и мощности усилителя.

Корпус стенда *1* выполнен из материала с минимальным резонансным эффектом, например, из ДСП. С внутренней стороны корпус облицован звукоизолирующим материалом *2*, например, из минеральной ваты. В корпусе стенда, с одной из боковых сторон, выполнено окно *3*, в которое помещается исследуемый образец звукоизолирующего материала. Микрофон *5* гибко подвешен в корпусе стенда и подключен к измерительному контроллеру *8*, который обрабатывает сигнал для его частотного и амплитудного анализа. Таким контроллером является блок прибора – шумомера «Экофизика-10А». Контроллер *8* и микрофон *5* образуют один измерительный блок и имеет интерфейс для подключения к персональному компьютеру. Возможно применение другого аналогичного контроллера для обработки звукового сигнала и записи его в память. Регулируемый генератор монохроматической частоты *7* обеспечивает получение колебаний с диапазоном регулирования этой частоты от 20 Гц до 200000 Гц, при этом генератор колебаний монохроматической частоты имеет вход для внешнего регулирования частоты, к которому подключен персональный компьютер, передающий команды для изменения частоты. Персональный компьютер согласно описанным подключениям выполняет две функции: сбор и сохранение информации с микрофона и управление изменением частоты и мощности звуковых колебаний.

Для работы стенда на управляющем компьютере устанавливается частота или алгоритм изменения этой частоты для регулируемого генератора колебаний монохроматической частоты *7*, устанавливаются шаг варьирования частоты и диапазон изменения мощности усилителя. В окно *3* оператором или роботизированным манипулятором помещается исследуемый образец звукоизоляционного материала. Включается система в работу. После того, как программа персонального компьютера *9* подаёт через определённый промежуток времени команды, например, через *5* секунд, эти команды будут последовательно выполняться. При этом в автоматическом режиме будет обрабатываться и записываться информация с микрофона *5* через контроллер *8* в персональном компьютере *9*.

В стенде обеспечена возможность программного управления и частотой и мощностью звукового сигнала, длительностью сигнала; выбором диапазона частот для исследования. Например, только низкие частоты, или только высокие частоты, или весь диапазон частот. При этом программно можно создавать звуковые сигналы с непрерывно изменяющейся частотой, или с дискретным изменением значений частоты. Аналогично обеспечивается возможность программно изменять мощность звукового сигнала, программного регулирования мощности усилителя. В стенде обеспечивается программное управление целой серией опытов по факторному плану эксперимента с варьированием мощности звукового давления и частоты звука без постоянного участия исследователя, что обеспечит и качество проводимых исследований и скорость их проведения, уменьшит влияние «человеческого» фактора на достоверность результатов.

Предложенный стенд для исследования звукоизоляционных материалов позволяет автоматизировать экспериментальные исследования, в частности, для каждого опыта автоматически изменять мощность звукового давления, изменять для каждого значения мощности частоту генератора, или воспроизводить записанный аудиофрагмент около работающего источника шума. Эти изменения будут выполняться автоматически по программе управления с записью результатов. Стенд позволяет изменять расстояние между источником звука и опытным образцом исследуемого материала.

Снабжение стенда программируемым манипулятором позволяет автоматически менять исследуемые образцы. Извлекать уже

исследованный образец и размещать новый следующий исследуемый образец. Таким образом, обеспечиваются роботизированные исследования каждого исследуемого образца в автоматическом режиме.

Этот стенд может быть использован при исследовании и определении акустических свойств звукоизолирующих материалов, преимущественно плоской формы. Стенд может быть использован для сравнительных испытаний различных звукоизолирующих ограждений и для подбора наиболее эффективных материалов и конструкций звукоизолирующих панелей, а также в учебном процессе. Эти изменения будут выполняться автоматически по программе управления с записью результатов.

Выводы. Для углубленных исследований различных звукоизолирующих материалов предложен роботизированный стенд, с использованием которого программно и автономно будут выполняться эксперименты.

Стенд позволяет ускорить выполнение программы исследований, повысить надежность результатов экспериментов, а также исключить ошибки, связанные с человеческим фактором.

Список источников литературы

1. Гребенкин А.М., Гребенкина Е.В., Шубин И.Л. Критерии оценки последствий интеграции шумозащитных сооружений в городскую среду // Строительство и реконструкция. 2015. № 4(60). С. 87–91.

2. Бутузов А.Б., Антонов А.И., Жоголева О.А., Леденев В.И. Из опыта снижения шума на рабочих местах от инженерного оборудования (блендер) // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2016. № 4(364). С. 140–146.

3. Гусев В.П. Расчеты шума при проектировании шумозащиты в производственных помещениях с перегородками неполной высоты // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 2(368). С. 260–267.

4. Гусев В.П., Леденев В.И., Шубин И.Л. Оптимальная защита окружающей среды от шумового воздействия оборудования систем ОВК // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2014. № 3–1. С. 32–42.

5. Красильников В. А. Интенсивность звука (сила звука): физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров. М.: Советская энциклопедия, 1990. Т. 2. С. 159–160.

6. Котенко С.Г. Измерение акустических свойств шумозащитного экрана // Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2002. № 10(60). С. 64–67.

7. Зайцев В.А., Котенко С.Г. Исследование шумозащитных экранов с отверстием в основании // Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2002. № 10(60). С. 68–72.

8. Стенд для исследования теплоэнергетических характеристик малых холодильных машин: патент RU 2 658 871 МПК F25B 49/00 (2006.01) / Лемешко М.А., Башняк С.Е., Кожемяченко А.В.

9. Обзоры / ЦАГИ. Отделение НТИ; № 683. Методы экспериментальных исследований и системы измерений акустических характеристик авиационных звукоизолирующих конструкций. М.: ЦАГИ. 1988. 115 с.

10. Lemeshko M.A., Zibrov V.A. and Deyneka I.G. Concept of robotic investigational study // IOP Publishing Ltd IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, vol. 971, https://doi.org/10.1088/1757-899X/971/4/042093

11. Лемешко М.А., Башняк С.Е. Оценка технического состояния малой холодильной машины с использованием программируемого контроллера // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. 2017. № 2 (30). С. 78–82.

References

1. Grebenkin A.M., Grebenkina E.V., Shubin I.L. Criteria for assessing the consequences of the integration of noise-protecting structures into the urban environment. *Stroitel'stvo i rekonstrukciya* [Building and reconstruction]. 2015;4(60):87–91. (In Russ.)

2. Butuzov A.B., Sukhov V.N. From the experience of reducing noise at workplaces from engineering equipment (blender). Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. *Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Technology of textile industry]. 2016; 4(364):140–146. (In Russ.)

3. Gusev V.P. Noise calculations in the design of noise protection in industrial premises with partitions of incomplete height. *Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Technology of textile industry]. 2017;2(368):260–267. (In Russ.)

4. Gusev V.P., Ledenev V.I., Shubin I.L. Optimal protection of the environment from noise exposure of HVAC system equipment. *Biosfernaya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii* [Biospheric compatibility: people, region, technologies]. 2014;3–1:32–42. (In Russ.)

5. Krasilnikov V.A. Intensity of sound (the power of sound). Fizicheskaya enciklopediya, gl. red. A.M. Prohorov. Moscow: Sovetskaya enciklopediya, 1990. 2:159–160. (In Russ.).

6. Kotenko S.G. Measurement of acoustic properties of the noise screen. *Vostochno-evropejskij zhurnal peredovyh tekhnologij* [Vostochno-Evropeyskii zhurnal of advanced technologies]. 2002; 10(60):64–67. (In Russ.)

7. Zaitsev V.A., Kotenko S.G. Study of noise screens with a hole in the base. *Vostochno-evropejskij zhurnal peredovyh tekhnologij* [Vostochno-Evropeyskii zhurnal of advanced technologies]. 2002;10(60):68–72. (In Russ.)

8. Stand for the study of heat and power characteristics of small refrigeration machines: patent RU 2 658 871 IPC F25B 49/00 (2006.01) / Lemeshko M.A., Bashnyak S.E., Kozhemyachenko A.V.

9. TsAGI Review No. 683. *Metody eksperimental'nyh issledovanij i sistemy izmerenij akusticheskih harakteristik aviacionnyh zvukoizoliruyushchih konstrukcij* [Methods of experimental research and systems for measuring the acoustic characteristics of aircraft soundproof structures]. 1988. P. 29–30. (In Russ.)

10. Lemeshko M.A., Zibrov V.A. and Deyneka I.G. Concept of robotic investigational study. IOP Publishing Ltd IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, vol. 971, https://doi.org/10.1088/1757-899X/971/4/042093.

11. Lemeshko M.A., Bashnyak S.E. Assessment of the technical condition of a small refrigeration machine using a programmable controller. *CHrezvychajnye situacii: promyshlennaya i ekologicheskaya bezopasnost'* [Emergency situations: industrial and environmental safety]. CubeSEI. 2017; 2 (30):78–82. (In Russ.)

Сведения об авторах

Башняк Сергей Ефимович – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, механизации и автоматизации технологических процессов и производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 6542-2362, Author ID: 270924, Scopus Author ID: 57218107243, Researcher ID: ABE-3684-2021.

Лемешко Михаил Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем жилищно-коммунального хозяйства и сферы услуг, Институт сферы об-

служивания и предпринимательства – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет», SPIN-код: 4920-9881, Author ID: 562777.

Башняк Ирина Михайловна – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и использования водных ресурсов, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 8381-2706, Author ID: 753740.

Information about the authors

Sergey E. Bashnyak – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Life Safety, Mechanization and Automation of Technological Processes and Production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», SPIN-code: 6542-2362, Author ID: 270924, Scopus Author ID: 57218107243, Researcher ID: ABE-3684-2021.

Mikhail A. Lemeshko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems of Housing and Communal Services and the Services Sector, Institute of the Service Sector and Entrepreneurship – Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Technical University», SPIN-code: 4920-9881, Author ID : 562777.

Irina M. Bashnyak – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Water Supply and Use of Water Resources, Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute named after A.K. Kortunov – branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», SPIN-code: 8381-2706, Author ID: 753740.

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 24.01.2022; одобрена после рецензирования 09.02.2022; принята к публикации 11.02.2022.

The article was submitted 24.01.2022; approved after reviewing 09.02.2022; accepted for publication 11.02.2022.

Научная статья
УДК 678.742.2
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-98-104

ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ДИСПЕРСНО-НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Заира Муссавна Жирикова[✉1], **Владимир Закиевич Алоев**[2]
[1,2]Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030
[✉1]zaira.dumaeva@mail.ru, http://orcid.org/0000-0002-5268-5545
[2]aloev56@list.ru, http://orcid.org/0000-0002-5080-4133

Аннотация. Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме создания композитных материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Эффективным способом решения этой проблемы является полимеризационное наполнение полимерного материала дисперсными наполнителями, т.е. введение наполнителя в процессе синтеза полимера. Отмечено, что определяющую роль при этом играет межфазное взаимодействие наполнителя и полимера. В качестве объекта исследования использован сверхмолекулярный полиэтилен, а наполнителем – дисперсные частицы алюминия и боксита. Структурными и механическими методами исследовано влияние степени наполнения на модуль упругости и степень кристалличности сверхмолекулярного полиэтилена.

Эффективность наполнения для исследованных композитов на основе сверхмолекулярного полиэтилена оценивалось в работе с помощью коэффициента эффективности модуля упругости. Получено, что коэффициент эффективности модуля упругости гораздо выше в случае низкомолекулярного наполнителя (боксита). Это указывает на неприменимость классических моделей для описания поведения таких материалов. Результаты проведенных исследований показывают, что величина коэффициента эффективности модуля упругости определяется структурой, полученной в процессе твердофазной экструзии, а именно степенью ориентации, что является характерным для ориентированных полимерных материалов и прочностью межфазных границ между полимером и наполнителем, что является специфическим фактором для дисперсно-наполненных полимерных композитов.

Ключевые слова: полиэтилен, композит, модуль упругости, коэффициент эффективности, дисперсный наполнитель, степень кристалличности, степень вытяжки

Для цитирования. Жирикова З.М., Алоев В.З. Взаимосвязь структурных характеристик и модуля упругости дисперсно-наполненных полимерных композитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 98–104. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-98-104

Research Article

RELATIONSHIP OF STRUCTURAL CHARACTERISTICS AND MODULUS OF ELASTICITY OF DISPERSED-FILLED POLYMER COMPOSITES BASED ON ULTRA-HIGH MOLECULAR POLYETHYLENE

Zaira M. Zhirikova[✉1], **Vladimir Z. Aloev**[2]
[1,2]Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Lenin Avenue, 1v, Nalchik, Russia, 360030
[✉1]zaira.dumaeva@mail.ru, http://orcid.org/0000-0002-5268-5545
[2]aloev56@list.ru, http://orcid.org/0000-0002-5080-4133

© Жирикова З.М., Алоев В.З., 2022

Abstract. The article is devoted to the current problem of creating composite materials with improved performance characteristics. An effective way to solve this problem is to polymerize the polymer material with disperse fillers, i.e. to introduce the filler during polymer synthesis. It is noted that the interfacial interaction of filler and polymer plays a decisive role in this. The object of the study is supermolecular polyethylene, and the filler is dispersed particles of aluminium and bauxite. Structural and mechanical methods investigated the effect of the degree of filling on the modulus of elasticity and the degree of crystal personality of supermolecular polyethylene.

The filling efficiency for the tested supermolecular polyethylene composites was evaluated in operation using the efficiency factor of the modulus. It is obtained that the coefficient of efficiency of the elastic modulus is much higher in the case of a low molecular weight filler (bauxite). This indicates that classic models are not applicable to describe the behavior of such materials. The results of the studies show that the value of the coefficient of efficiency of the modulus of elasticity is determined by the structure obtained during solid-phase extrusion, namely, the degree of orientation that is characteristic of oriented polymer materials and the strength of the phase boundaries between the polymer and the filler, which is a specific factor for dispersed-filled polymer composites.

Keywords: polyethylene, composite, modulus of elasticity, efficiency factor, dispersed filler, degree of crystallinity, degree of drawing

For citation. Zhirikova Z.M., Aloev V.Z. Relationship of structural characteristics and modulus of elasticity of dispersed-filled polymer composites based on ultra-high molecular polyethylene. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022;1(35):98–104. (In Russ.).
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-98-104

Введение. В настоящее время перспективным методом повышения качества полимеров, применяемых в наиболее инновационных областях промышленности, является наполнение их дисперсными наполнителями. Наряду с традиционными способами наполнения, немаловажное значение имеет метод полимеризационного наполнения, т.е. введение дисперсного наполнителя на стадии синтеза полимера.

Одним из важных факторов, определяющих механические свойства полимерных композитов, является межфазное взаимодействие наполнителя и полимера.

Как показано в работах [1, 2] высокий уровень межфазной адгезии в дисперсно-наполненных композитах приводит к повышению их жесткости, которая характеризуется величиной модуля упругости.

Цель исследования. Целью настоящей работы является исследование структурных факторов, влияющих на коэффициент эффективности модуля упругости полимеризационно наполненных композитов.

Материалы, методы и объекты исследования. В качестве матричного полимера использован сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) с молекулярной массой ~ $1{,}5 \times 10^6$, а дисперсным наполнителем – Al и боксит. Размер частиц наполнителя составлял ~ 10 мкм, содержание (по массе) – соответственно 70 и 45%.

Образцы для испытаний получали методом твердофазной экструзии по той же схеме, что и в работе [3], при температуре 393 К. Экструзионную степень вытяжки λ изменяли за счет использования фильер различного диаметра и рассчитывали по формуле: $\lambda = d_з^2/d_ф^2$, где $d_з$, $d_ф$ – соответственно, диаметры заготовки и калибрующего пояска фильеры. Методика расчета молекулярной степени вытяжки $\lambda_{мол}^{кор}$, скорректированной на наличие наполнителя, приведена в работе [4].

Механические свойства изучали при трехточечном изгибе на образцах цилиндрической формы диаметром 4,5 мм с базовой длиной 30 мм. Испытания выполняли при температуре 293 К и скорости ползуна 5 мм/мин, что соответствовало максимальной скорости деформации ~ $2{,}5 \times 10^{-3} с^{-1}$.

Рентгеноструктурные исследования выполняли на приборе ДРОН-3 по методу Брэгга-Брентано в интервале углов 2θ = 10-28°. Ис-

пользовали медное излучение, фильтрованное никелевым фильтром. Для коррекции положения рентгеновских линий съемки проводили с использованием эталона из порошка никеля. Рентгенографическую степень кристалличности *K* определяли по отношению площадей, занимаемых пиками и аморфным гало на кривой рентгеновского рассеяния с последующим уточнением по методике [5]. Размер кристаллитов L_{200} определяли по формуле Шеррера, а большой период *L* – по данным малоугловой рентгенографии [5]. Для исключения влияния текстуры измерения на экструдатах выполняли после их измельчения.

Результаты исследования. Как известно [1], одной из основных задач, решаемой при введении наполнителей в полимерные матрицы, является повышение их жесткости, характеризуемой величиной модуля упругости. Эффективность наполнения для композитов можно оценить с помощью коэффициента эффективности модуля упругости K_E, который определяется из уравнения [6]:

$$K_E = \frac{E_к - E_м(1-\varphi_н)}{E_н \varphi_н}, \qquad (1)$$

где:

$E_к$, $E_м$ и $E_н$ – модули упругости композита, полимерной матрицы и наполнителя, соответственно;

$\varphi_н$ – объемное содержание наполнителя.

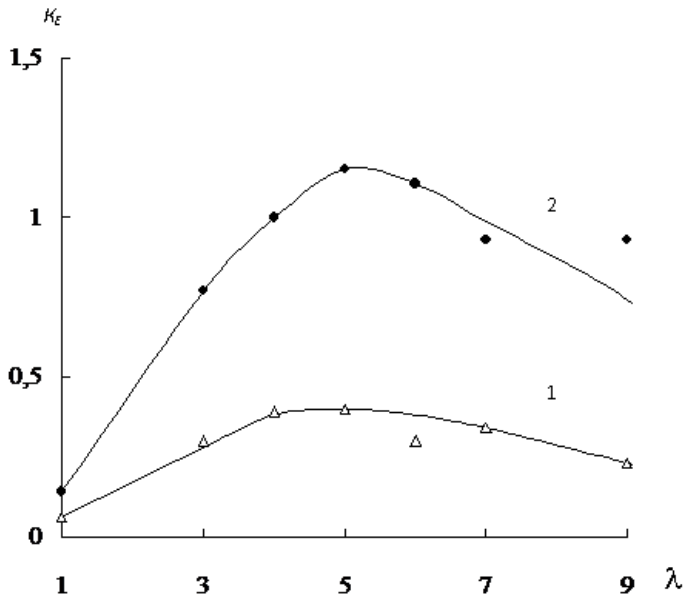


Рисунок 1. Зависимости коэффициента эффективности модуля K_E от экструзионной степени вытяжки λ для композитов СВМПЭ-Al (1) и СВМПЭ-боксит (2)
Figure 1. Dependence of efficiency factor of K_E module on extrusion degree of drawing λ for composites UMWPE-Al (1) and UMWPE-bauxite (2)

На рисунке 1 приведены зависимости $K_E(\lambda)$ для композитов СВМПЭ-Al и СВМПЭ-боксит. Расчет K_E был выполнен при следующих значениях, входящих в уравнение (1) параметров: $E_м$ = 0,64 ГПа [3], $E_н$ = 50 ГПа для Al и $E_н$ = 22 ГПа для боксита [7].

Обращают на себя внимание высокие абсолютные значения K_E, особенно для СВМПЭ-боксит. Для сравнения укажем, что для композитов нейлон-кевлар при аналогичных величинах $\varphi_н$ величина $K_E \cong$ 0,25 [6]. Отметим несколько особенностей, приведенных на рисунке 1 графиков. Во-первых, величина K_E для композитов СВМПЭ-боксит значительно выше, чем для СВМПЭ-Al. Из уравнения (1) следует, что это различие в основном обусловлено различием модуля упругости$E_н$ используемых наполнителей. Несмотря на то, что Al примерно в 2,5 раза жестче боксита, модули упругости рассматриваемых композитов примерно равны: в интервале λ = 3 ÷ 9 $E_к$ = 3,94 ÷ 5,63 ГПа для

СВМПЭ – Al и $E_к$ = 4,10 ÷ 5,97 ГПа для СВМПЭ-боксит. Это обстоятельство указывает на неприменимость классических механических моделей «жестких включений в жесткой матрице», в которых модуль упругости композита$E_к$ должен расти с повышением модуля упругости наполнителя $E_н$ (подобных моделям Хашина, Штрикмана и т.п.) [8], для описания модуля упругости рассматриваемых композитов. В то же время из уравнения (1) следует, что для каждого композита величина K_E определяется вариацией $E_к$, поскольку значения $E_м$, $E_н$ и $\varphi_н$ постоянны. Это обстоятельство, а также симбатность зависимостей K_E (λ) (рис. 1) и $E_к$ (λ) [9], предполагают, что вариацию и K_E, и $E_к$ с λ контролируют одни и те же параметры, а именно, степень молекулярной ориентации, характеризуемая величиной $\lambda_{мол}^{кор}$ [2, 8], и прочность межфазных границ полимер-наполнитель [9]. Разрушение межфазных границ в процессе экструзии определяет появление полостей на этих границах и соответственное снижение $E_к$ [9]. Учесть этот фактор можно следующим образом. В работе [10] приведено следующее уравнение, позволяющее определить долю полостей C_V:

$$E_к / E_к^т = (1 - 2C_V), \qquad (2)$$

где:

$E_к^т$ – теоретический модуль упругости соответствующего композита, не содержащего полостей. Величина $E_к^т$ может быть получена либо теоретически [4, 11], либо экстраполяцией графика $E_к$ (λ) для λ≤ 5 [9].

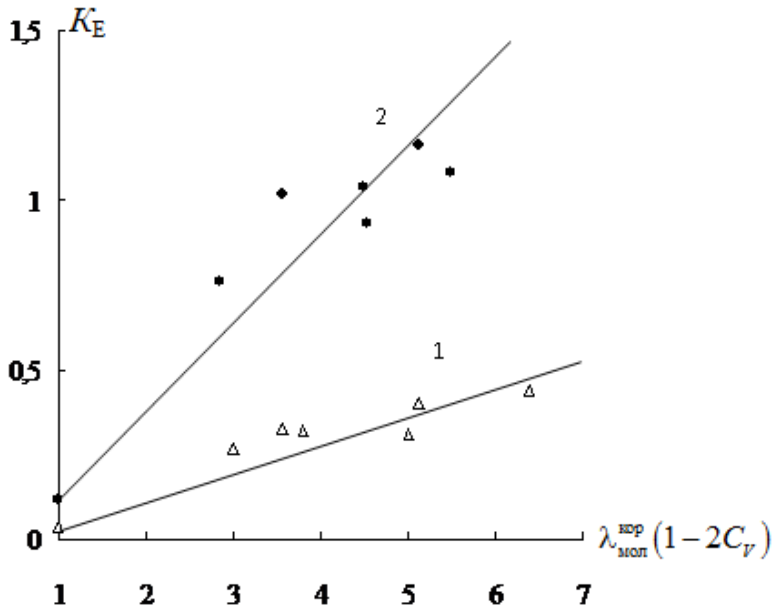


Рисунок 2. Зависимости коэффициента эффективности модуля КЕ от величины комплексного параметра $\lambda_{мол}^{кор}(1-2C_V)$ для композитов СВМПЭ-Al (1) и СВМПЭ-боксит (2)

Figure 2. Dependence of efficiency factor of K_E module on value of complex parameter for composites UMWPE-Al (1) and UMWPE-bauxite

На рисунке 2 приведены зависимости K_E от величины комплексного параметра $\lambda_{мол}^{кор}(1-2C_V)$, соответствующие изложенной выше трактовке. Как можно видеть, для обоих рассматриваемых композитов получены линейные зависимости, подтверждающие корректность предложенного подхода.

Для описания вариации K_E с λ может быть использована альтернативная структурная модель, предполагающая, что величина $E_к$ определяется долей непрерывной кристаллической фазы $\varphi_{нр}$ [12]. В рамках этой модели можно рассчитать вероятность q того, что цепь из кристаллической фазы пересечет разупорядо-

ченную область и войдет в соседнюю ламель. Величину q можно определить так [12]:

$$q = \frac{L_{200} - L}{L_{200} + L}. \quad (3)$$

Затем можно рассчитать долю непрерывной кристаллической фазы $\varphi_{нр}$ [12]:

$$\varphi_{нр} = Kq\ (2 - q). \quad (4)$$

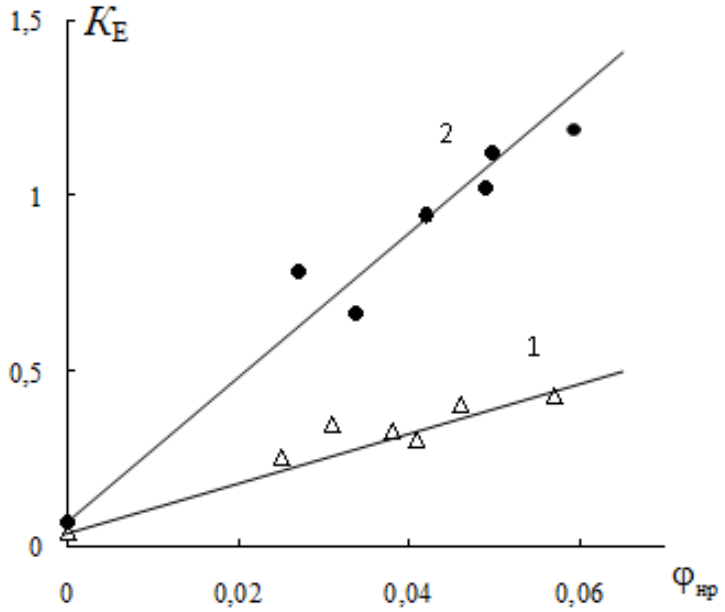


Рисунок 3. Зависимости коэффициента эффективности модуля K_E от доли непрерывной кристаллической фазы $\varphi_{нр}$ для компоноров СВМПЭ-Al (1) и СВМПЭ-боксит (2)
Figure 3. Dependence of efficiency factor of K_E module on fraction of continuous crystal phase $\varphi_{нр}$ for composers UMWPE-Al (1) and UMWPE-bauxite (2)

На рисунке 3 приведена зависимость K_E от величины $\varphi_{нр}$ для компоноров СВМПЭ-Al и СВМПЭ-боксит. Как следует из приведенных графиков, вновь получены линейные зависимости K_E ($\varphi_{нр}$), т.е., коэффициент эффективности модуля упругости тем выше, чем больше доля непрерывной кристаллической фазы.

Выводы. Полученные выше результаты позволяют сделать следующие выводы. Коэффициент эффективности модуля упругости для композитов, полученных твердофазной экструзией, гораздо выше в случае низкомодульного наполнителя. Это указывает на неприменимость классических механических моделей для описания поведения таких материалов. Величина коэффициента эффективности модуля упругости определяется структурой, полученной в процессе твердофазной экструзии, а именно, степенью молекулярной ориентации, что является характерным для ориентированных полимерных материалов, и прочностью (целостностью) межфазных границ полимер-наполнитель, что является специфическим фактором для дисперсно-наполненных полимерных композитов.

Список источников литературы

1. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров. М.: Химия. 1991. 259 с.
2. Козлов Г.В., Яновский Ю.Г., Карнет Ю.Н. Структура и свойства дисперсно-наполненных полимерных композитов: фрактальный анализ. М.: Альянс-транспром, 2008.
3. Белошенко В.А., Гринев В.Г., Кузнецов Э.Н. и др. Твердофазная экструзия композиций на основе полиэтилена // Физика и техника высоких давлений. 1994. Т. 4. № 1. С. 91–94.

4. Белошенко В.А., Козлов Г.В., Слободина В.Г. и др. Термоусадка экструдатов сверхвысокомолекулярного полиэтилена и полимеризационно наполненных композиций на его основе // Высокомолекулярные соединения. Б. 1995. Т. 37. № 6. С. 1089–1092.

5. Мартынов М.А., Вылегжанина К.А. Рентгенография полимеров. Л.: Химия. 1972. 242 с.

6. Yu Z., Ait-Kadi A., Brisson J. Nylon/Kevlar composites. 1. Mechanical properties // Polymer Engng. Sci. 1991. V. 31. No. 16. P. 1222–1227.

7. Энциклопедия полимеров. Т. 1. Ред. Каргин В.А. М.: Советская энциклопедия. 1972. 1223 с.

8. Ahmed S., Jones F.R. A review of particulate reinforcement theories for polymer composites // J.Mater. Sci. 1990. V. 25. No. 12. P. 4933–4942.

9. Beloshenko V.A., Kozlov G.V., Varyukhin V.N. et al. Properties of ultra-high-molecular polyethylene and related polymerization-filled composites produced by solid-state extrusion // Acta Polymerica. 1997. V. 48. No. 5-6. P. 181–192.

10. Sumita M., Ookuma T., Miyasaka K. et al. Effect of ultra fine particles on the elastic properties of oriented polypropylene composites // J. Mater. Sci. 1982. V. 17. No. 11. P. 2869–2877.

11. Козлов Г.В., Газаев М.А., Белошенко В.А. и др. Взаимосвязь молекулярных характеристик и степени молекулярной вытяжки для ориентированного полиэтилена и композиций на его основе // Украинский физический журнал. 1995. Т. 40. № 8. С. 883–886.

12. Капаччио Дж., Гибсон А.Г., Уорд И.М. Вытяжка и гидростатическая экструзия сверхвысокомодульных полимеров. В кн.: Сверхвысокомодульные полимеры. Ред. Чиферри А., Уорд И. Л.: Химия. 1983. С. 12–62.

References

1. Lipatov Yu.S. Fiziko-khimicheskie osnovy napolneniya polimerov. M.: Khimiya. 1991. 259 p. (In Russ.)

2. Kozlov G.V., Yanovskiy Yu.G., Karnet Yu.N. *Struktura i svoystva dispersno-napolnennykh polimernykh kompozitov: fraktal'nyy analiz*. [Structure and properties of particulate-filled polymer composites: fractal analysis]. M.: Al'yans-transprom, 2008. (In Russ.)

3. Beloshenko V.A., Grinev V.G., Kuznetsov E.N. et al. Solid state extrusion of compositions based on polyethylene. *Fizika i tekhnika vysokikh davleniy*. [Physics and high pressure technology]. 1994;4(1):91–94. (In Russ.)

4. Beloshenko V.A., Kozlov G.V., Slobodina V.G. et al. Heat shrinkage of extrudates of ultra-high molecular weight polyethylene and polymerization-filled compositions based on it. *Vysokomolekulyarnye soedineniya. B.* [High-molecular compounds. Vysokomolek. soed. B.]. 1995;37(6):1089–1092. (In Russ.)

5. Martynov M.A., Vylegzhanina K.A. *Rentgenografiya polimerov* [Radiography of polymers]. L.: Khimiya. 1972. 242 p. (In Russ.)

6. Yu Z., Ait-Kadi A., Brisson J. Nylon/Kevlar composites. 1. Mechanical properties. *Polymer Engng. Sci.* 1991;31(16):1222–1227.

7. *Entsiklopediya polimerov* [Encyclopedia of polymers]. Vol. 1. Ed. Kargin V.A. M.: Sovetskaya entsiklopediya. 1972. 1223 p. (In Russ.)

8. Ahmed S., Jones F.R. A review of particulate reinforcement theories for polymer composites. *J.Mater. Sci*. 1990;25(12):4933–4942.

9. Beloshenko V.A., Kozlov G.V., Varyukhin V.N. et al. Properties of ultra-high-molecular polyethylene and related polymerization-filled composites produced by solid-state extrusion. *Acta Polymerica.* 1997;48(5-6):181–192.

10. Sumita M., Ookuma T., Miyasaka K. et al. Effect of ultra fine particles on the elastic properties of oriented polypropylene composites. *J. Mater. Sci*. 1982;17(11):2869–2877.

11. Kozlov G.V., Gazaev M.A., Beloshenko V.A. et al. Relationship between molecular characteristics and the degree of molecular stretching for oriented polyethylene and compositions based on it. *Ukrainskiy fizicheskiy zhurnal*. [Ukrainian Physics Journal]. 1995;40(8):883–886. (In Russ.)

12. Kapachchio Dzh., Gibson A.G., Uord I.M. *Vytyazhka i gidrostaticheskaya ekstruziya sverhvysokomodul'nyh polimerov* [Stretching and hydrostatic extrusion of ultra-high modulus polymers]. In book: *Vytyazhka i gidrostaticheskaya ekstruziya sverhvysokomodul'nyh polimerov* [Ultra High Modulus Polymers]. Eds. Chiferri A., Uord I. L.: Khimiya. 1983. P. 12–62.

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, Author ID: 742730, Scopus Author 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, Author ID: 258589, Scopus Author ID: 6505993830, Researcher ID: AAF-3822-2022

Information about the authors

Zaira M. Zhirikova – Candidate of Physic-Mathematical Sciences, associate professor at the department of Technical mechanics and physics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», SPIN-код: 4378-8131, Author ID: 742730, Scopus Author ID: 55558043600, Researcher ID: AAF-3690-2022

Vladimir Z. Aloev – Doctor of Chemical Sciences, professor in the chair of Technical mechanics and physics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», SPIN-код: 4533-8035, Author ID: 258589, Scopus Author ID: 6505993830, Researcher ID: AAF-3822-2022

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 10.02.2022; одобрена после рецензирования 01.03.2022; принята к публикации 04.03.2022.

The article was submitted 10.02.2022; approved after reviewing 01.03.2022; accepted for publication 04.03.2022.

Научная статья
УДК 631.1.016:519.673
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-105-115

ЭФФЕКТИВНАЯ КОМПЛЕКТАЦИЯ МАЛЫХ И СРЕДНИХ АГРОПРЕДПРИЯТИЙ СОВРЕМЕННЫМИ СЕЯЛКАМИ И РАЗБРАСЫВАТЕЛЯМИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ РОССИЙСКО-НЕМЕЦКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Владимир Александрович Милюткин✉[1], **Виктор Эммануилович Буксман**[2]
[1]Самарский государственный аграрный университет, ул. Учебная, 2, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, Россия, 446442, ✉oiapp@mail.ru,
http://orcid.org/0000-0001-8948-4862
[2]Компания «Amazonen-Werke», Hashergen-Gaste, Германия, viktor.buxmann@amazone.de,
http://orcid.org/0000-0002-4220-9107

Аннотация. В статье рассматриваются научно обоснованные рекомендации с использованием графо-аналитических методик при выборе оптимальных для агропредприятия сельхозмашин при модернизации машинно-тракторного парка малых и средних сельскохозяйственных организаций оптимальными по производительности и сезонной выработке сеялками фирмы АО «Евротехника» (г. Самара) немецкой компании «Amazonen-Werke», ведущим машиностроительным предприятием в России по прицепной технике, для различных технологий (классическая, Mini-Till, No-Till) и сельскохозяйственных культур (зерновые, пропашные, и т.д.) в малых и средних, по посевным площадям, сельскохозяйственных предприятиях. Также в статье рассматриваются рекомендации по выбору оптимальных по производительности и сезонной выработке разбрасывателей-распределителей для внесения твердых (гранулированных) минеральных удобрений также в малых и средних, по посевным площадям, агропредприятиях. Материал статьи представляет научный и практический интерес, так как позволяет учитывать в подборе оптимальных сельхозмашин главное условие земледелия – выполнение полевых работ в рекомендуемые региональные агротехнические сроки, определяемые возможной производительностью сельскохозяйственных агрегатов. Предлагаемые в настоящей статье сеялки и разбрасыватели известной в мире фирмы надежны и высокоэффективны в работе, пользуются большим спросом у аграриев России.

Ключевые слова: технологии, сеялки, оптимизация, производительность, годовая загрузка, агросрок, плодородие, почвы, удобрения, разбрасыватели навесные

Для цитирования. Милюткин В.А., Буксманн В.Э. Эффективная комплектация малых и средних агропредприятий современными сеялками и разбрасывателями минеральных удобрений российско-немецкого производства // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 105–115. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-105-115

Research Article

EFFICIENT EQUIPMENT OF SMALL AND MEDIUM AGRO-ENTERPRISES WITH MODERN RUSSIAN-GERMAN SEEDING MACHINES AND SPREADERS OF MINERAL FERTILIZERS

Vladimir A. Milyutkin✉[1], **Viktor E. Buxman**[2]
[1]Samara State Agrarian University, st. Educational, 2, Samara region, st. Educational, 2, Kinel, p.g.t. Ust-Kinelsky, Russia, 446442, ✉oiapp@mail.ru, http://orcid.org/0000-0001-8948-4862
[2]The company «Amazonen-Werke», Hashergen-Gaste, Germany, viktor.buxmann@amazone.de, http://orcid.org/0000-0002-4220-9107

© Милюткин В.А., Буксман В.Э., 2022

Abstract. The article discusses evidence-based recommendations using graph-analytical techniques when choosing the best agricultural machines for an agricultural enterprise when modernizing the machine and tractor fleet of small and medium-sized agricultural organizations with optimal productivity and seasonal output by seeders of the Eurotechnika JSC company (Samara) German of the Amazonen-Werke company, the leading machine-building enterprise in Russia for trailed equipment, for various technologies (classic, Mini-Till, No-Till) and crops (cereals, row crops, etc.) in small and medium-sized, crop areas, agricultural enterprises. The article also discusses recommendations on the selection of spreaders-distributors that are optimal in terms of productivity and seasonal output for applying solid (granular) mineral fertilizers also in small and medium-sized agricultural enterprises, in terms of sown areas. The material of the article is of scientific and practical interest, since it allows to take into account the main condition of agriculture in the selection of optimal agricultural machines – the implementation of field work within the recommended regional agrotechnical terms, determined by the possible productivity of agricultural units. The seeders and spreaders offered in this article by a well-known company in the world are reliable and highly efficient in operation, and are in great demand among Russian farmers.

Keywords: technologies, seeders, optimization, productivity, annual load, agro-term, fertility, soils, fertilizers, spreaders, mounted

For citation. Milyutkin V.A., Buksmann V.E. Efficient equipment of small and medium-sized agricultural enterprises with modern seeders and spreaders of mineral fertilizers of Russian-German production. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022;1(35):105–115. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-105-115

Введение. Эффективное функционирование АПК с учетом всех составляющих применяемых технологий возделывания сельскохозяйственных культур существенным образом зависит от уровня механизации производства. В статье, на основании экспериментально-аналитических исследований для агропредприятий средних и малых по земельным угодьям, предлагаются различные по технико-технологическим характеристикам сеялки – оптимальные по критерию проведения посевных работ в региональные строго-агротехнические сроки, исходя из их производительности. Известная в мире сельхоз-машиностроительная немецкая компания «Amazonen-Werke», занимающая передовые позиции в России по прицепной технике для агропромышленного комплекса-АПК РФ выпускает на АО «Евротехника» (г. Самара) широкую гамму сеялок для технологий No-Till, Mini-Till и классических [1-7]. Внедрение энерго-ресурсо-влагосберегающих технологий очень важно для АПК, однако сегодня очень большой проблемой в земледелии является потеря плодородия почвы и недостаточное внимание среди аграриев к его восстановлению и улучшению. Постоянные призывы к решению критической проблемы потери природного богатства – почвы и главным образом ее плодородия в аграрном комплексе страны не решается радикальным образом. При этом приводятся различные аргументы и причины, «мешающие» аграриям применять в научно обоснованных нормах удобрения, начиная от их постоянно повышающейся цены, заканчивая негативными почвенно-климатическими условиями, главным образом, из-за часто повторяющихся засух. Однако данные вопросы в любом случае необходимо решать и для этого в агропромышленном комплексе все должно быть оптимизировано – от технологий до сельхозтехники [8-20]. Особенно сложно решать данные проблемы в малых и средних предприятиях из-за недостатка оборотных средств на расходные материалы (удобрения) и эффективную технику. По специализированной сельскохозяйственной технике наилучшим образом решать проблему следует за счет сельхозяйственных машиностроительных предприятий с широкой номенклатурой выпускаемых машин «для всех случаев жизни», к которым по номенклатуре и объему производства относится ведущее в

России предприятие по прицепной сельскохозяйственной технике АО «Евротехника» (г. Самара) немецкой компании «Amazonen-Werke» [1-4]. Amazonen обладает 100-летним опытом производства техники для внесения удобрений [11-20] и сегодня предлагает для хозяйств любого размера подходящие разбрасыватели-распределители из четырех модельных рядов навесных машин.

Цель исследования – научное обоснование рекомендаций и предложений для модернизации машинно-тракторного парка малых и средних агропредприятий оптимальными по производительности и сезонной выработке сеялками и разбрасывателями минеральных удобрений фирмы АО «Евротехника» (г. Самара) немецкой компании «Amazonen-Werke».

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования базируются на результатах анализа продукции сельхозмашиностроительной немецкой компании «Amazonen-Werke» с использованием графоаналитических методик для подбора оптимального состава сельхозмашин для полеводства в малых и средних сельхозпредприятиях.

Результаты исследования. В таблице 1 представлены технические характеристики зерновых сеялок Amazone, а на рисунках 1-3 – все марки для малых и средних агропредприятий.

Таблица 1. Технико-технологическая классификация зерновых сеялок фирмы «Amazonen-Werke»
Table 1. Technical and technological classification of Amazonen-Werkegrain seeders

Технико-эксплуатационные показатели	Технологии							
	Классическая			Mini-Till			No-Till	
	D-9	Citan	DMC	DMC	Condor	Cauena	DMC	Condor
1. Ширина захвата, м	4-6	6-15	3-12	3-12	12-15	6	3-12	12-15
2. Часовая производительность, га/час	3-10	4-25	2-18	2-18	7-25	4-10	2-18	7-25
3. Выработка за агросрок, га	160-840	200-1000	90-840	90-840	840-1000	200	90-840	840-1000
4. Сезонная выработка, га	1500	200	1500	1500	2000	500	1500	2000

Данная классификация наряду с рекомендуемыми марками сельхозмашин для крупных агропредприятий [3] позволяет подбирать средним и малым агропредприятиям, при их модернизации, наиболее эффективные как по технологическим показателям, так и по обеспечению проведения посевных работ в региональные агротехнические сроки в соответствии со структурой посевных площадей и с имеющейся или приобретаемой «энергетикой» – тракторами, а так же расчетные данные по возможной сезонной выработке на возделываемых в агропредприятии культурах. В исследованиях по оптимизации машинно-тракторного парка агропредприятия, как крупного холдинга, так и средних и малых хозяйств, за главный критерий взята ширина захвата сеялок, обеспечивающая определенную производительность сеялочного агрегата в зависимости от рабочих скоростей в строго рекомендуемые агротехнические сроки.

При традиционной технологии используются сеялки с дисковыми сошниками (рис. 1) [18], а – влаго-ресурсо-энергосберегающих технологий – сеялки с долотовидными рабочими органами (рис. 2) [16-19]. При систематизации сеялок для традиционных технологий показано, что сеялки D9 шириной захвата от 3 до 12 м (с использованием сцепки при скоростях от 6 до 14 км/ч) могут за агросрок засеять (табл. 1, рис. 1) от 90 до 840 га, сеялка Citan (рис. 1) шириной захвата от 9 до 15 м на тех же скоростях может засеять до 1000 га.

a) *b*) *c*) *d*) *e*) *f*)

Рисунок 1. Сеялки с дисковыми сошниками для традиционного и мульчирующего посева:
a) D-9 шириной захвата – 2,5-4 м; *b*) Citan – 6 м, Cirrus – 6 м; *c*) Cayena 6001 – 6 м; *d*) Cataya – 3 м;
e) AD-P-FARM Conn – 3-4 м; *f*) Centaya – 3-4 м
Figure 1. Seeders with disc coulters for traditional and mulch sowing:
a) D-9 with a working width of 2,5-4 m; *b*) Citan – 6 m, Cirrus – 6 m; *c*) Cayena 6001 – 6 m; *d*) Cataya – 3 m;
e) AD-P-FARM Conn – 3-4 m; *f*) Centaya – 3-4 m

Сеялки с долотовидными сошниками: DMC Primera, Cayena, Condor эффективно работают и по традиционной технологии, и по технологиям No-Till и Mini-Till. Неоспоримым преимуществом компании Amazon по сравнению с другими фирмами является возможность подобрать из широкой номенклатуры сельхозмашин, в том числе и сеялок, наиболее подходящий агрегат технико-технологической конструкции – оптимальную по ширине захвата и производительности для любого по площади и конфигурации поля, что очень важно для эффективной работы малых и средних агропредприятий. Так же компания Amazon производит пропашные сеялки как для крупных предприятий (EDX-шириной захвата 6-9 м), так и для средних и малых – ED – 3; 4,5; 6 м (рис. 3).

a)

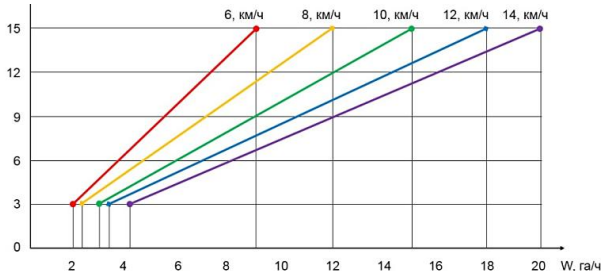
b)

c)

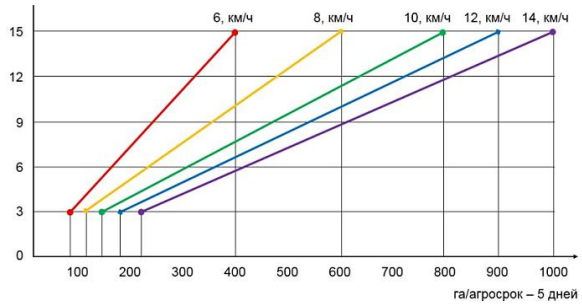
Рисунок 2. Сеялки:
a) DMC Primera шириной захвата 4 м; *b*) Cayena 6001 – 6 м; *c*) Condor – 12 м с долотовидными сошниками для технологий No-Till и Mini-Till
Figure 2. Seeders:
a) DMC Primera with a working width of 4 m; *b*) Cayena 6001 – 6 m; *c*) Condor – 12 m with chisel coulters for No-Till and Mini-Till technologies

Рисунок 3. Сеялка точного высева для пропашных культур ED
Figure 3. ED Row Crop Precision Planter

Для посева одной культуры на одном поле оптимальный агротехнический срок – 5 дней. В соответствии с поставленными задачами по модернизации агропредприятий сеялочной техникой для различных технологий и полей построена номограмма (рис. 4) для оптимального подбора сеялок.



a)



b)

Рисунок 4. Номограмма:
a) производительность зерновых сеялок фирмы «Amazonen-Werke» 14 км/ч); *b*) номограмма для подбора зерновых сеялок фирмы «Amazonen-Werke» для различных технологий
Figure 4. Nomogram:
a) productivity of grain seeders of the company «Amazonen-Werke» 14 km/h); *b*) nomogram for the selection of Amazonen-Werke grain seeders for various technologies

Для агрохимического обеспечения АПК, поддержания и увеличения плодородия почвы АО «Евротехника» специально для малых и средних агропредприятий выпускает навесные разбрасыватели минеральных удобрений (рис. 5).

Для подбора разбрасывателей удобрений существенным фактором при эксплуатации является также соблюдение научно обоснованного агросрока на проведение технологической операции и он ограничен семью днями, причём увеличение длительности внесения удобрений неблагоприятно влияет на урожайность из-за неравномерного созрева-

ния сельхозкультур. Используя данные по производительности (табл. 2) с учетом рекомендуемых агросроков, можно подобрать наиболее эффективный для конкретного предприятия разбрасыватель.

Для систематизации данных по разбрасывателям минеральных удобрений по их ширине захвата и производительности при подборе наиболее эффективной марки и их количества разработана номограмма (рис. 6, табл. 2) производительности разбрасывателей фирмы «Amazonen-Werke» с группировкой их в зависимости от ширины захвата, емкости бункера для агрегатирования с энергетическими средствами необходимого класса и мощности. Используя данную номограмму и таблицу с учетом особенностей конструкции, можно выбрать наиболее эффективную модель машины или нескольких машин для конкретного агропредприятия.

Таблица 2. Модельный ряд навесных разбрасывателей минеральных удобрений компании «Amazonen-Werke» для малых и средних агропредприятий
Table 2. Model range of Amazonen-Werke mounted mineral fertilizer spreaders for small and medium-sized agricultural enterprises

№ п/п	Марка разбрасывателя	Вместимость бункера, л	Ширина захвата, м	Тип
1	ZA-X Perfekt	500-1750	10-18	навесной
2	ZA-M	800-1700 1200-2700	30-36 до 48	навесной
3	ZA-V	1400-4200	36	навесной
4	ZA-M Profis	1000-2000	10-36	навесной
5	ZA-TS	3200-4200	18-54	навесной

ZA-X

ZA-V

ZA-M

ZG-B

Рисунок 5. Разбрасыватели-распределители для малых и средних предприятий
Figure 5. Distributor spreaders for small and medium enterprises

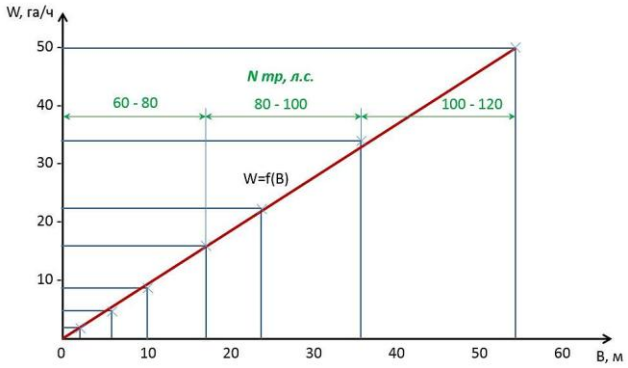


Рисунок 6. Номограмма для выбора разбрасывателя по ширине захвата (В, м) с учетом производительности (W, га/ч) и соответствующего энергетического средства – трактора – по мощности двигателя (Nтр, л.с.)
Figure 6. Nomogram for selecting a spreader according to the working width (V, m) taking into account the productivity (W, ha/h) and the corresponding power tool – tractor – according to engine power (Ntr, hp)

Выводы. Сегодня АПК РФ за счет совместных предприятий (АО «Евротехника», г. Самара) с лучшими зарубежными фирмами, на примере немецкой компании «Amazonen-Werke», получил возможность комплектоваться высокоэффективными сельскохозяйственными машинами, произведенными в России, для самых современных отечественных и мировых технологий.

По разработанным рекомендациям предлагаемого компанией «Amazonen-Werke» широкого модельного ряда сеялок и центробежных разбрасывателей в малых и средних агропредприятиях целесообразно использовать сеялки в зависимости от применяемой технологии DMC Primera, Condor и другие, а также навесные разбрасыватели ZA-X, ZA-M, ZA-V, ZA-TS. Оптимизация состава разбрасывателей минеральных удобрений главным образом необходима для снижения себестоимости проводимых работ.

Список источников литературы

1. Апажев А.К. Основные направления комплексной механизации сельскохозяйственного производства // В сб.: Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты. Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция. Нальчик, 2021. С. 14–16.

2. Апажев А.К. Устойчивость развития регионов в условиях пространственно-экономических трансформаций // В сб.: Устойчивость развития территориальных экономических систем: глобальные тенденции и концепции модернизации. Международная научно-практическая конференция. 2016. С. 10–13.

3. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Хажметов Л.М. и др. Инновационные технологические и технические решения по повышению плодородия почв в условиях склоновых эродированных черноземных почв Юга России. Нальчик, 2018. 264 с.

4. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Хажметов Л.М. Модернизация зерновой сеялки для работы в условиях повышенной влажности почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (43). С. 238–245.

5. Апажев А.К. Основные направления реализации политики энергосбережения и повышения энергоэффективности // В сб.: Энергосбережение и энергоэффективность: проблемы и решения. IX Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция. 2020. С. 8–11.

6. Апажев А.К., Пшихачев С.М. Факторы продовольственной безопасности в условиях новой парадигмы сельского развития // В сб.: Продовольственная безопасность и устойчивое сельское развитие: глобальные, национальные и региональные аспекты. Материалы международной научно-практической конференции. 2014. С. 3–17.

7. Kyul E.V., Apazhev A.K., Kudzaev A.B. et al. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards // Indian Journal of Ecology. 2017. Vol. 44. No. 2. Pp. 239–243.

8. Dzuganov V.B., Shekikhachev Y.A., Teshev A.Sh. et al. Status and prospects of technical equipment of small enterprises in agricultural production // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 919(3). 2020. 032015. DOI: 10.1088/1757-899X/919/3/032015

9. Apazhev A.K., Fiaphev A.G., Shekikhachev Y.A. et al. Modeling the operation process of the unit for processing row-spacings of fruit plantings // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 315(5). 052023. DOI: 10.1088/1755-1315/315/5/052023.

10. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Fiapshev A.G. et al. Energy efficiency of improvement of agriculture optimization technology and machine complex optimization // E3S Web of Conferences. 2019, International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019. Vol. 124. 2019. 05054. DOI: 10.1051/e3sconf/201912405054.

11. Милюткин В.А., Канаев М.А. Совершенствование технических средств для внесения удобрений // В сб.: Аграрная наука – сельскому хозяйству. Сборник статей: в 3 книгах. Алтайский государственный аграрный университет. 2016. С. 36–37.

12. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Высокоэффективный агрегат для внутрипочвенного внесения удобрений XTender с культиватором Cenius – TX (Amazonen-Werke, АО «Евротехника») в технологиях NO-Till, MINI-Till и гребне-рядовых // В сб.: Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК. Материалы XIV Международной научной конференции. 2017. С. 488–493.

13. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Технико-агрохимическое обеспечение повышения урожайности и качества сельхозпродукции внесением жидких минеральных удобрений // В сб.: Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства. Материалы IV Международной научно-практической конференции. 2018. С. 122–127.

14. Милюткин В.А., Длужевский Н.Г., Длужевский О.Н. Технико-технологическое обоснование эффективности жидких минеральных удобрений на базе КАС-32, целесообразность и возможность расширения их использования//АгроФорум. 2020.№2. С. 47–51.

15. Милюткин В.А. Инновационные техника и технологии применения жидких удобрений КАС в регионах с недостаточным увлажнением при прогнозируемом глобальном потеплении:монография. Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. 188 с.ISBN 978-588-575-649-5

16. Буксман В.Э., Милюткин В.А. Преимущественная эффективность сеялок с долотовидными сошниками при недостатке влаги // В сб.: Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК. Материалы XVIII международной научной конференции. 2021. С. 38–43.

17. Милюткин В.А., Buxmann V. Преимущество зерновых сеялок с долото-видными (анкерными) сошниками в засушливых условиях // В сб.: Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК.Материалы XIII Международной научно-практической интернет-конференции. П. Правдинский, Московская обл. 2021. С. 412–420.

18. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Преимущественные возможности зерновых сеялок с долотовидными (анкерными) сошниками для АПК России// АгроЗооТехника. 2021. Т. 4. №4. DOI: 10.15838/alt.2021.4.4.4

19. Буксман В.Э., Милюткин В.А., Толпекин С.А. Обоснование оптимального сеялочно-тракторного агрегата в соответствии с технологиями посева сошниками различной конструкции АО «Евротехника», г. Самара, РФ (Научно-практические рекомендации) // В сб.: Наука - Технология – Ресурсосбережение.Материалы XIII Международной научно-практической конференции. Киров. 2020. С. 24–29.

20. Милюткин В.А., Соловьев С.А., Макаровская З.В. Оптимизация машинно-тракторного парка агропредприятия при выборе сельхозмашин (сеялок) по основным технико-технологическим показателям // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. №4 (66). С. 122–124.

References

1. Apazhev A.K. Main directions of complex mechanization of agricultural production. V sb.: *Aktual'nye problemy agrarnoj nauki: prikladnye i issledovatel'skie aspekty. Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya* [In: Actual problems of agrarian science: applied and research aspects. All-Russian (national) scientific and practical conference]. Nal'chik, 2021:14–16. (In Russ.)

2. Apazhev A.K. Sustainability of the development of regions in the context of spatial and economic transformations. *V sb.: Ustojchivost' razvitiya territorial'nyh ekonomicheskih sistem: global'nye tendencii i koncepcii modernizacii. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya* [In: Sustainable Development of Territorial Economic Systems: Global Trends and Concepts of Modernization. International scientific and practical conference]. 2016:10–13. (In Russ.)

3. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M. et al. *Innovacionnye tekhnologicheskie i tekhnicheskie resheniya po povysheniyu plodorodiya pochv v usloviyah sklonovyh erodirovannyh chernozemnyh pochv YUga Rossii* [Innovative technological and technical solutions to improve soil fertility in the conditions of slope eroded chernozem soils in the South of Russia]. Nal'chik, 2018. 264 p. (In Russ.)

4. Apazhev A.K., Shekikhachev Yu.A., Khazhmetov L.M. Modernization of a grain seeder for work in conditions of high soil moisture. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education]. 2016:3(43);238–245. (In Russ.)

5. Apazhev A.K. The main directions of the implementation of the policy of energy saving and energy efficiency. *V sb.: Energosberezhenie i energoeffektivnost': problemy i resheniya. IX Vserossijskaya (nacional'naya) nauchno-prakticheskaya konferenciya* [In: Energy saving and energy efficiency: problems and solutions. IX All-Russian (National) Scientific and Practical Conference]. 2020:8–11. (In Russ.)

6. Apazhev A.K., Pshikhachev S.M. Factors of food security in the context of a new paradigm of rural development. *V sb.: Prodovol'stvennaya bezopasnost' i ustojchivoe sel'skoe razvitie: global'nye, nacional'nye i regional'nye aspekty. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [In: Food Security and Sustainable Rural Development: Global, National and Regional Aspects. Materials of the international scientific and practical conference]. 2014:3–17. (In Russ.)

7. Kyul E.V., Apazhev A.K., Kudzaev A.B. et al. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards. Indian Journal of Ecology. 2017;44(2):239–243.

8. Dzuganov V.B., Shekikhachev Y.A., Teshev A.Sh. et al. Status and prospects of technical equipment of small enterprises in agricultural production. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020:919(3). 032015. DOI: 10.1088/1757-899X/919/3/032015

9. Apazhev A.K., Fiaphev A.G., Shekikhachev Y.A. et al. Modeling the operation process of the unit for processing row-spacings of fruit plantings. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019:315(5). 052023. DOI: 10.1088/1755-1315/315/5/052023

10. Apazhev A.K., Shekikhachev Y.A., Fiapshev A.G. et al. Energy efficiency of improvement of agriculture optimization technology and machine complex optimization. E3S Web of Conferences. 2019, International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019. 2019:124. 05054. DOI: 10.1051/e3sconf/201912405054

11. Milyutkin V.A., Kanaev M.A. Improvement of technical means for fertilizing. *V sb.: Agrarnaya nauka – sel'skomu hozyajstvu* [In: Agrarian science for agriculture. Agricultural

Science – Agriculture]. Sbornik statej: v 3 knigah. Altajskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. 2016;36–37. (In Russ.)

12. Milyutkin V.A., Buksman V.E. Highly efficient unit for subsoil application of fertilizers XTender with a cultivator Cenius – TX (Amazonen-Werke, Evrotechnika JSC) in NO-Till, MINI-Till and comb-row technologies]. *V sb.: Agroekologicheskie aspekty ustojchivogo razvitiya APK. Materialy XIV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii* [In: Agroecological aspects of the sustainable development of the agro-industrial complex. Proceedings of the XIV International Scientific Conference]. 2017:488–493. (In Russ.)

13. Milyutkin V.A., Buksman V.E. Technical and agrochemical support for increasing the yield and quality of agricultural products by applying liquid mineral fertilizers. *V sb.: Resursosberegayushchie tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. Materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [In: Resource-saving technologies and technical means for the production of crop and livestock products. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference]. 2018:122–127. (In Russ.)

14. Milyutkin V.A., Dluzhevskij N.G., Dluzhevskij O.N. Feasibility study of the effectiveness of liquid mineral fertilizers based on CAS-32, the feasibility and possibility of expanding their use.AgroForum. 2020;2:47–51. (In Russ.)

15. *Milyutkin V.A. Innovacionnye tekhnika i tekhnologii primeneniya zhidkih udobrenij KAS v regionah s nedostatochnym uvlazhneniem pri prognoziruemom global'nom poteplenii* [Innovative techniques and technologies for the use of liquid fertilizers CAS in regions with insufficient moisture in the predicted global warming: monograph]. Kinel': Samarskij GAU. 2020. 181 p. (In Russ.)

16. Buksman V.E., Milyutkin V.A. Preferential efficiency of seeders with chisel-shaped coulters with a lack of moisture.*V sb.: Agroekologicheskie aspekty ustojchivogo razvitiya APK. Materialy XVIII mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii* [In: Agroecological aspects of the sustainable development of the agro-industrial complex. Proceedings of the XVIII International Scientific Conference]. 2021:3–43. (In Russ.)

17. Milyutkin V.A., Buxmann V. The advantage of grain seeders with chisel-shaped (anchor) coulters in arid conditions. *V sb.: Nauchno-informacionnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya APK. Materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj internet-konferencii. P. Pravdinskij, Moskovskayaobl* [In: Scientific and information support for the innovative development of the agro-industrial complex. Materials of the XIII International Scientific and Practical Internet Conference. P. Pravdinsky, Moscow region]. 2021:41–420. (In Russ.)

18. Milyutkin V.A., Buksman V.E. Preferential possibilities of grain seeders with chisel-shaped (anchor) coulters for the agro-industrial complex of Russia. *AgroZooTekhnika* [Agrozootechnics]. 2021;4(4). (In Russ.)

19. Buksman V.E., Milyutkin V.A., Tolpekin S.A. Justification of the optimal seeder-tractor unit in accordance with the technologies of sowing with coulters of various designs of JSC «Eurotechnika», Samara, Russia (Scientific and practical recommendations). *V sb.: Nauka – Tekhnologiya – Resursosberezhenie. Materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [in: Science - Technology – Resource Saving. Materials of the XIII International Scientific and Practical Conference].Kirov. 2020:24–29. (In Russ.)

20. Milyutkin V.A., Solov'ev S.A., Makarovskaya Z.V. Optimization of the machine and tractor fleet of an agricultural enterprise when choosing agricultural machines (seeders) according to the main technical and technological indicators. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestia Orenburg State Agrarian University]. 2017;4(66):122–124. (In Russ.)

Сведения об авторах

Милюткин Владимир Александрович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологий производства и экспертизы продукции из растительного сырья, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный аграрный университет», SPIN-код: 3324-2033, Author ID: 383725, Researcher ID: AAD-6376-2022

Буксман Виктор Эммануилович – кандидат технических наук, почетный доктор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет», профессор, советник компании AMAZONEN Werke, Hashergen-Gaste, Германия

Information about the authors

Vladimir A. Milyutkin – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Production technologies and examination of products from vegetable raw materials, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Samara State Agrarian University», SPIN-code: 3324-2033, Author ID: 383725, Researcher ID: AAD-6376-2022

Viktor E. Buxman – Candidate of Technical Sciences, Honorary Doctor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Technical University», Professor, Advisor to AMAZONEN Werke, Hashergen-Gaste, Germany.

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 25.01.2022; одобрена после рецензирования 10.02.2022; принята к публикации 14.02.2022.

The article was submitted 25.01.2022; approved after reviewing 10.02.2022; accepted for publication 14.02.2022.

Научная статья
УДК 631.862
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-116-120

ПЕРЕРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА

Таймира Хасановна Пазова[1], **Алий Халисович Габаев**✉[2]
[1,2]Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030
[1]pazova65@mail.ru, http://orcid.org/0000-0002-6206-8612
✉[2]alii_gabaev@bk.ru, http://orcid.org/0000-0002-1973-9804

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос утилизации бесподстилочного навоза. В результате проведенного анализа выбрана для исследований перспективная технологическая линия по переработке и утилизации бесподстилочного навоза, включающая в себя в качестве основного оборудования: устройство для разделения исходной массы жидкого навоза на твердую и жидкую фракции, первичные отстойники и бактерицидные батареи. Основным блоком для дальнейших исследований была выбрана электрофлотационная установка. В данном случае происходит электролиз загрязненной воды под действием постоянного тока. Исследованиями установлено, что навозные стоки влажностью более 92% практически не расслаиваются. Однако положение с разделением стоков на фракции коренным образом меняется после обработки в электромагнитном поле. Использование предлагаемой схемы технологической линии позволит получить ценное органическое удобрение и улучшить экологическую обстановку на животноводческих предприятиях. Основным из многих факторов, характеризирующих качество разделения бесподстилочного навоза на фракции, является степень очистки его жидкой фракции. Отделенная вода представляет из себя дисперсную среду и по объему в несколько раз больше твердой фракции бесподстилочного навоза. Анализируя полученные зависимости, можно заключить, что с увеличением высоты обрабатываемого слоя сточной воды происходит снижение очистки, причем закономерность имеет форму гиперболической кривой.

Ключевые слова: очистка, фракции, бесподстилочный навоз, электрофлотационная установка, дисперсная среда, утилизация навоза, обеззараживание, нейтрализация, скребковый транспортер, переработка

Для цитирования. Пазова Т.Х., Габаев А.Х. Переработка и утилизация бесподстилочного навоза // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 116–120. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-116-120

Research Article

PROCESSING AND UTILIZATION OF UNLITED MANURE

Taimira H. Pazova[1], **Aliy H. Gabaev**✉[2]
[1,2]Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Lenin Avenue, 1v, Nalchik, Russia, 360030
[1]pazova65@mail.ru,http://orcid.org/0000-0002-6206-8612
✉[2]alii_gabaev@bk.ru,http://orcid.org/0000-0002-1973-9804

© Пазова Т.Х., Габаев А.Х., 2022

Abstract. The article deals with the issue of disposal of bedless manure. As a result of the analysis, a promising technological line for the processing and disposal of bedless manure was selected for research, including as the main equipment: a device for separating the initial mass of liquid manure into solid and liquid fractions, primary sedimentation tanks and bactericidal batteries. The electroflotation unit was chosen as the main unit for further research. In this case, electrolysis of polluted water occurs under the action of direct current. Studies have established that manure runoff with a moisture content of more than 92% practically does not stratify. However, the situation with the separation of wastewater into fractions changes radically after treatment in an electromagnetic field. The use of the proposed scheme of the technological line will make it possible to obtain valuable organic fertilizer and improve the ecological situation at livestock enterprises. The main of many factors that characterize the quality of separation of bedless manure into fractions is the degree of purification of its liquid fraction. The separated water is a dispersed medium and is several times larger than the solid fraction of bedless manure by volume. Analyzing the dependences obtained, it can be concluded that with an increase in the height of the treated wastewater layer, a decrease in purification occurs, and the regularity has the form of a hyperbolic curve.

Keywords: cleaning, fractions, bedless manure, electroflotation plant, dispersion medium, manure utilization, disinfection, neutralization, scraper conveyor, processing

For citation. Pazova T.H., Gabaev A.H. Processing and utilization of bedless manure. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022;1(35):116–120. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-116-120

Введение. Одной из трудоемких и энергозатратных отраслей сельскохозяйственного производства является отрасль животноводства. Среди многообразия технологических процессов, осуществляемых на современных животноводческих фермах, немаловажную роль играет уборка и утилизация навоза. Регулярно специалистами и учеными предлагаются новые разработки с целью совершенствования технологических схем уборки и использования навоза.

Многообразие существующих технологических линий по переработке и утилизации бесподстилочного навоза обусловлено поиском наиболее рациональной схемы с точки зрения качества обработанной воды и технологичности всего процесса [1].

На основе проведенного анализа научно-технической литературы и патентных исследований можно сделать вывод о том, что широкое применение известных технологий по утилизации навоза сдерживается прежде всего следующими недостатками: периодичность процесса, большая металлоемкость и энергоемкость технологического оборудования, требования отвода больших площадей для размещения оборудования, низкое качество обработанного навоза, низкий эффект осветления загрязненной воды [2].

Цель исследования – переработка сточных вод, разделение навоза на фракции и очистка, обеззараживание и нейтрализация отделенной воды в целях использования ее в дальнейшем в обороте предприятия или для орошения полей.

Материалы, методы и объекты исследования. В результате проведенного анализа перспективной технологической линии по переработке и утилизации бесподстилочного навоза, включающей в себя в качестве основного оборудования: устройство для разделения исходной массы жидкого навоза на твердую и жидкую фракции, первичные отстойники и бактерицидные батареи. Основным блоком которой является электрофлотационная установка, в которой происходит электролиз загрязненной воды под действием постоянного тока [3]. Обильное выделение пузырьков газа приводит к искусственному насыщению ими очищаемых стоков. Прилипая к частицам, загрязняющим стоки, пузырьки газа выносят их в пенный слой на поверхность. Скапливающийся на поверхности обрабатываемых стоков пенный слой с загрязненными частицами при помощи скребкового транспортера удаляется в бункеры – накопители.

Результаты исследования. Исследованиями установлено, что навозные стоки влажностью более 92% практически не расслаиваются. Однако положение с разделением стоков на фракции коренным образом меняется после обработки в электромагнитном поле.

Успешная очистка во флотаторе идет тогда, когда размер газовых пузырьков, образующихся вследствие электролиза воды, равен или близок размеру наиболее диспергированных частиц, загрязняющих жидкость. Это требование в электрофлотаторе выполняется за счет изменения плотности на электродах [4].

Степень жидкости в электрофлотаторах на два порядка меньше, чем в эмпеллярных машинах.

В электрофлотаторах, как известно, происходит еще процесс нейтрализации по агрессивно-активным газам: сероводороду, углекислому газу, аммиаку и другим. Это объясняется тем, что во время процесса электрофлотации на аноде выделяется активный атомарный водород, обладающий мощным окислительно-восстановительным потенциалом.

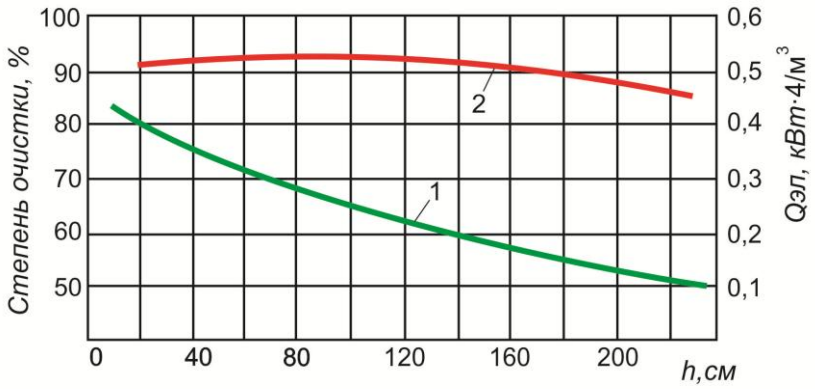
Прошедшая обработку вода в электродных блоках поступает во вторичные отстойники, где после прошедшей обработки быстро отстаивается и осветленная до требуемой прозрачности поступает в камеры бактериологического обеззараживания [5, 6].

Отделенная твердая фракция, влажность которой доводится до зоотехнических требований, вывозится для биотермического обеззараживания и использования в дальнейшем в качестве органического удобрения.

Основным из многих факторов, характеризующих качество разделения бесподстилочного навоза на фракции, является степень очистки его жидкой фракции. Отделенная вода представляет из себя дисперсную среду и по объему в несколько раз больше твердой фракции бесподстилочного навоза.

В экспериментальной электрофлотационной установке основными факторами, влияющими на степень очистки загрязненной воды, является высота обрабатываемого слоя и расход электроэнергии [7, 8].

Для определения заданных параметров были проведены экспериментальные исследования, в результате которых были получены графические зависимости (рис. 1).



1 – кривая высоты обрабатываемого слоя; 2 – кривая расхода электроэнергии

Рисунок 1. Зависимости влияния высоты обрабатываемого слоя воды и расхода электроэнергии на степень очистки
Figure 1. Dependences of the influence of the height of the treated water layer and power consumption on the degree of purification

На процесс электрофлотации также существенно влияют такие факторы как: плотность тока на электродах, подача исходной массы сточной воды и другие факторы. Использование предлагаемой схемы технологической линии позволит получить ценное органическое удобрение и улучшить экологическую обстановку на животноводческих фермах.

Вывод. Анализируя полученные зависимости, можно заключить, что с увеличением высоты обрабатываемого слоя сточной воды происходит снижение очистки, причем закономерность имеет форму гиперболической кривой. В то же время видно, что расход электрической энергии для обеспечения рабочего процесса электорофлотации существенно не изменяется с увеличением высоты обрабатываемого слоя сточной воды. Причем расход электроэнергии даже несколько снижается.

Список источников литературы

1. Гришин Б.М., Бойцов А.И. Оборудование для разделения жидкого навоза // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1995. № 9–10. С. 13–14.

2. Капустин В.П. Повышение эффективности технологических процессов уборки, транспортировки и переработки бесподстилочного навоза: автореф. дис. … доктора технических наук. Саратов, 1997. 40 с.

3. Коваленко В.П. Механизация обработки бесподстилочного навоза. М.: Колос, 1985. 156 с.

4. Омаров Д.К., Омаров А.К. Сравнительная оценка некоторых физико-механических свойств бесподстилочного навоза и его твердой фракции после разделения // Научные труды ВНИИМЖ. 1983. С. 31–37.

5. Письменов В.Н. Получение и использование бесподстилочного навоза. М.: Россельхозиздат, 1988. 206 с.

6. Савин Д.К., Наурузбаев С.К. Механизация разделения навоза на фракции // Техника в сельском хозяйстве.1983. № 8. С. 22–24.

7. Фурсин Г.А. Обоснование поточно-технологической линии удаления и переработки навоза // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1993. № 4.

8. Шигапов И.И., Кадырова А.М. Очистка сточных вод на животноводческих фермах // Аграрная наука. 2012. № 6. С. 30–32.

References

1. Grishin B.M., Boytsov A.I. Liquid manure separation equipment. *Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva* [Mechanization and electrification of agriculture]. 1995;(9-10):13–14. (In Russ.)

2. Kapustin V.P. *Povyshenie effektivnosti tekhnologicheskih processov uborki, transportirovki i pererabotki bespodstilochnogo navoza* [Improving the efficiency of technological processes of cleaning, transportation and processing of bedless manure]: avtoref. dis. … doktora tekhnicheskih nauk. Saratov, 1997. 40 p. (In Russ.)

3. Kovalenko V.P. *Mekhanizaciya obrabotki bespodstilochnogo navoza* [Mechanization of cleaning of bedless manure]. M.: Kolos, 1985. 156 p. (In Russ.)

4. Omarov D.K., Omarov A.K. Comparative evaluation of some physical and mechanical properties of bedless manure and its solid fraction after separation. *Nauchnye trudy VNIIMZH* [Scientific works of VNIIMZH]. Podolsk, 1983:31–37. (In Russ.)

5. Pismenov V.N. *Poluchenie i ispol'zovanie bespodstilochnogo navoza* [Obtaining and using bedless manure]. M.: Rosselkhozizdat, 1988. 206 p. (In Russ.)

6. Savin D.K., Nauruzbaev S.K. Mechanization of the separation of manure into fractions. *Tekhnika v sel'skom hozyajstve* [Technique in agriculture].1983;8:22–24. (In Russ.)

7. Fursin G.A. Justification of the flow-technological line for the removal and processing of manure. *Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva* [Mechanization and electrification of agriculture]. 1993;4. (In Russ.)

8. Shigapov I.I., Kadyrova A.M. Wastewater treatment at livestock farms. *Agrarnaya nauka* [Agrarian science]. 2012;6:30–32. (In Russ.)

Сведения об авторах

Пазова Таймира Хасановна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Механизация сельского хозяйства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 6588-3849, Author ID: 403165

Габаев Алий Халисович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механизация сельского хозяйства», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 1264-0376, Author ID: 835404

Information about the authors

Taimira H. Pazova – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department «Agricultural Mechanization», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», SPIN-код: 6588-3849, Author ID: 403165

Aliy H. Gabaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Agricultural Mechanization», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», SPIN-код: 1264-0376, Author ID: 835404

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 28.02.2022; одобрена после рецензирования 09.03.2022; принята к публикации 11.03.2022.

The article was submitted 28.02.2022; approved after reviewing 09.03.2022; accepted for publication 11.03.2022.

Научная статья
УДК 637.33.45
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-121-127

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПАСТООБРАЗНОГО ЗАМОРОЖЕННОГО ДЕСЕРТНОГО ПРОДУКТА ИЗ ВТОРИЧНОГО МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ

Бакыт Сагатовна Туганова
Торайгыров университет, ул. Ломова, 64, г. Павлодар, Республика Казахстан, 140003, tuganova65@inbox.ru, http://orcid.org /0000-0003-0082-4061

Аннотация. В данной статье представлены результаты проведенных научно-исследовательских работ по разработке нового вида замороженного десертного продукта из молочной сыворотки (подсырной).

В ходе выполнения научно-исследовательской работы по рациональному использованию вторичного молочного сырья проведено составление рецептурных составов нового вида мороженого на основе молочной сыворотки и различных пищевых добавок и фруктовых наполнителей. При разработке нового вида мороженого из молочной сыворотки проведены экспериментальные исследования по определению соотношения молочной сыворотки функциональных и биологически активных ингредиентов.

В результате выпонения НИР разработан и усовершенствован технологический процесс и рецептурный состав нового вида мороженого из молочной сыворотки. Изготовлены опытные образцы нового вида мороженого из молочной сыворотки в лабораторных условиях и исследованы качественные показатели готовой продукции. Определены показатели пищевой и биологической ценности нового вида мороженого из молочной сыворотки. Проведен расчет себестоимости и производственной себестоимости нового вида замороженого десерного продукта молочной сыворотки.

Ключевые слова: молоко, вторичное молочное сырье, молочная сыворотка, ферментация, белковый сгусток, взбивание, закалка, замороженный десертный продукт

Для цитирования. Туганова Б.С. Технология производства пастообразного замороженного десертного продукта из вторичного молочного сырья // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 121–127.
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-121-127

Research Article

TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF FROZEN DESSERT PRODUCT FROM SECONDARY DAIRY RAW MATERIALS

Bakyt S. Tuganova
Toraigyrov University, st. Lomova, 64, Pavlodar, Kazakhstan, 140003, tuganova65@inbox.ru, http://orcid.org /0000-0003-0082-4061

Abstract. This article presents the results of the research work carried out on the development and development of a new type of frozen dessert product from whey (podsyrnaya).

© Туганова Б.С., 2022

In the course of carrying out research work on the rational use of secondary dairy raw materials, the formulation of a new type of ice cream based on whey and various food additives and fruit fillers was carried out. When developing a new type of whey ice cream, experimental studies were conducted to determine the ratio of whey and functional and biologically active ingredients.

As a result of the research, the technological process and the formulation of a new type of whey ice cream have been developed and improved. Prototypes of a new type of whey ice cream were made in the laboratory and the quality indicators of the finished product were studied. The indicators of the nutritional and biological value of a new type of whey ice cream have been determined. The calculation of the cost and production cost of a new type of frozen dessert whey product was carried out.

Keywords: milk, secondary dairy raw materials, whey, whipping, hardening, frozen dessert product

For citation. Bakyt S.T. Technology of production of frozen dessert product from secondary dairy raw materials. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022;1(35): 121–127. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-121-127

Введение. Одним из перспективных направлений в молочной промышленности является разработка молочных продуктов из вторичного молочного сырья с использованием добавок растительного происхождения, биологически активных добавок (БАД), новых видов ферментов и биопрепаратов [1].

С целью увеличения ассортимента продуктов с длительным сроком хранения в странах с развитой промышленностью получило значительное распространение производство различных замороженных молочных десертных продуктов для общего и функционального питания.

Важным аспектом перспективности данной технологии является возможность создания комбинированных молочных продуктов с новыми пищевыми свойствами, поскольку их производство основано на безотходной переработке не только молока, но и сырья плодоовощной и других отраслей пищевой промышленности.

Поэтому большое внимание следует уделять вопросам создания молочных десертных продуктов с замороженной структурой. Издавна основным десертным замороженным продуктом считалось мороженое. Но в настоящее время на предприятиях молочной отрасли недостаточно производить только мороженое, необходимо производить конкурентоспособные отечественные замороженные десертные продукты, приближенные по качеству к мировым стандартам [2].

Цель исследования – разработка компонентного состава и технологического процесса производства нового вида замороженого молочно-белкового десерта на основе вторичного молочного сырья (молочной сыворотки).

Материалы, методы и объекты исследования. Патентная и научная информация в области производства замороженных изделий: сырое молоко, вторичное молочное сырье (обезжиренное молоко, пахта, молочная сыворотка); стандартные закваски, пробиотическая культура; закваски DVS прямого действия для производства йогуртов «Хр. Хансен» Yo-Fle x™; смеси для мороженого различного состава; биологически активные и питательные добавки, натуральные растительные наполнители (растительные экстракты, травы, различные злаки и др.), процесс замораживания, параметры и режимы замораживания, качественные показатели пастообразных продуктов до замораживания и после размораживания, хранимоспособность пастообразных продуктов.

Для проведения научных исследований по разработке новых видов замороженных пастообразных молочных продуктов, образцы молочной подсырной сыворотки были предоставлены предприятиями молочной отрасли Павлодарской области.

Физико-химические показатели молока:

- определение массовой доли сухого вещества в молоке – по ГОСТ 3626–73;

- определение массовой доли жира в молоке – по ГОСТ 5867–90;
- определение массовой доли белка в молоке – по ГОСТ 23327–98;
- определение плотности молока – по ГОСТ 3625–84;
- определение титруемой кислотности молока – по ГОСТ 3624–92;
- определение активной кислотности (pH) – по ГОСТ 26781–85.

Результаты исследования. Одним из рациональных способов переработки молока и вторичного молочного сырья, (обезжиренное молоко, пахта, сыворотка) производство на ее основе различных структурированных молочных продуктов, в том числе и замороженных десертных продуктов [3].

Анализ научно-технической информации показал, что в настоящее время технология производства замороженных пастообразных продуктов (сегмент десертов на творожной основе) в странах ЕС характеризуется высокой динамикой развития, так как замороженные десерты не распространены на продовольственном рынке и могут обеспечить производителям большие возможности по расширению ассортимента выпускаемой молочной продукции [4, 5].

Основной сферой применения замороженных продуктов, помимо индивидуального потребления, является сфера общественного питания.

Анализируя информационные данные по состоянию проблемы разработки технологии замороженных молочных продуктов, обогащенных различными функциональными ингредиентами, можно отметить, что важно не только обогатить продукт, но и подобрать режимы технологической и холодильной обработки для обеспечения сохранности всех функциональных ингредиентов и качества молочных продуктов в процессе хранения.

Учитывая актуальность и перспективность развития разработки технологии замороженных пастообразных молочных продуктов, необходимо проводить дальнейшие исследования по усовершенствованию технологии производства и способов замораживания пастообразных молочных продуктов, с целью улучшения качественных характеристик и повышению хранимоспособности молочных продуктов.

В результате проведенных патентных исследований были выявлены основные тенденции развития технологии производства замороженных пастообразных молочных продуктов, а также выбраны различные виды функциональных ингредиентов для создания нового вида замороженого десертного продукта на основе безотходной технологии переработки молочной сыворотки.

Определена концентрация функционального ингредиента в составе нового вида замороженого молочно-белкового десертного продукта. Для определения их концентрации была проведена органолептическая оценка каждой из функциональных ингредиентов.

Органолептические показатели нового вида замороженого молочно-белкового десертного продукта, с добавлением тыквенного или морковного пюре представлены в таблице 1.

Таблица 1. Органолептические показатели замороженого молочно-белкового десертного продукта
Table 1. Organoleptic characteristics of frozen milk-protein dessert product

Показатели	10%	20%	30%
Внешний вид и консистенция	Плотная, взбитая замороженая белковая масса		
Вкус и запах	Вкус и запах кисломолочный, слабо выраженный вкус добавленных наполнителей	Вкус и запах кисломолочный, выраженный вкус добавленных наполнителей	Вкус и запах кисломолочный, сильно выраженный вкус добавленных наполнителей
Цвет	Белый однородный с желтоватым оттенком, равномерный по всей массе		

На основании проведенных органолептических исследований нового вида замороженого молочно-белкового десертного продукта определено количество функционального ингредиента (тыквенное или морковное пюре) в рецептурном составе и составляет – 20%.

Таким образом, в ходе проведенных научно-исследовательских работ был сформирован компонентный состав нового вида замороженого молочно-белкового десертного продукта, с пробиотическими свойствами, разработанного на основе молочной сыворотки, с добавлением функционального ингредиента (тыквенное или морковное пюре).

В результате проведенных исследований разработана рецептура нового вида замороженого десертного продукта (биомороженое) из ферментированной молочной сыворотки (таблица 2).

Разработан технологический процесс производства нового вида замороженого молочно-белкового десертного продукта (биомороженое) из молочной сыворотки.

Таблица 2. Рецептура биомороженого
Table 2. Biofrost recipe

Ингредиенты	100 кг сырья, кг
Ферментированная молочная сыворотка	70,0
Лактулоза	8,0
Овощная биосмесь	20,0
Стабилизатор (агар-агар)	2,0
Всего	100,0

Технологический процесс биомороженого из вторичного молочного сырья состоит в следующем:

- приемка и обработка молочной сыворотки;
- пастеризация молочной сыворотки;
- охлаждение до температуры свертывания;
- заквашивание и свертывание;
- обработка сгустка и выделение пермеата;
- составление смеси мороженого (добавление овощного пюре и стабилизатора);
- фризерование;
- расфасовка мягкого мороженого;
- закалка мороженого;
- хранение и реализация (-18°С 90 суток).

Так, в результате проведенных научно-исследовательских работ был разработан технологический процесс производства нового вида замороженого молочно-белкового десертного продукта (биомороженое) с пробиотическими свойствами.

При отработке рецептуры и технологического процесса производства нового вида замороженого молочно-белкового десертного продукта были выработаны экспериментальные образцы продукта в лабораторных условиях кафедры «Биотехнология» НАО «Торайгыров унииверситет».

Проведена расширенная дегустация опытных образцов биомороженого (2 варианта с добавлением смеси овощных пюре) с участием профессорско-преподавательского состава кафедры «Биотехнология».

Определены качественные показатели (органолептические и физико-химические) опытных образцов нового вида замороженного десертного продукта – биомороженого с пробиотическими свойствами. Органолептические показатели биомороженого представлены в таблице 3.

Таблица 3. Органолептические показатели биомороженого
Table 3. Organoleptic indicators of bio-frozen

Показатели	Характеристика
Внешний вид и консистенция	Замороженая взбитая однородная белковая масса
Вкус и запах	Кисломолочный, свойственный внесенному наполнителю
Цвет	Белый, с кремовым оттенком, равномерный по всей массе

Физико-химические показатели биомороженого представлены в таблице 4.

Далее с целью повышения качественных характеристик и дополнительного срока хранения нового вида замороженного десертного продукта были проведены экспериментальные исследования по усовершенствованию низкотемпературного хранения пастообразных молочных продуктов.

Таблица 4. Физико-химические и структурно-механические показатели биомороженого
Table 4. Physico-chemical and structural and mechanical indicators of bio-frozen

Наименование показателей	Массовая доля
Массовая доля жира, %	1,0±0,2
Массовая доля влажности, %	78,0±0,2
Титруемая кислотность, °Т	70–80
Активная кислотность, ед pH	4,84–4,82
Коэффициент эффективной вязкости, Па *с	9,8±0,01
Предельное напряжение сдвига, Н/мм^3	33,47±0,01

Процесс замораживания и хранения пастообразных молочных продуктов осуществлялся в морозильной камере при температуре минус 18°С и закалочной камере при температуре минус 35°С в течение 30 суток.

Были проведены исследования и расчет эффективной скорости замораживания при температуре минус 18°С. При этом основным критерием был показатель – количество жизнеспособных клеток пробиотических микрорганизмов после замораживания. Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 1.

Скорость замораживания является важной характеристикой процесса замораживания. Средняя скорость замораживания – отношение замороженного слоя ко времени его образования. При этом существует определение, что замораживание продукта со скоростью до 0,5 см/ч – медленное, 0,5-3,0 см/ч – ускоренное, 3-10 см/ч – быстрое, 10-100 см/ч – сверхбыстрое [4, 5].

После статистической обработки экспериментальных данных рассчитана скорость замораживания опытных продуктов, которая составляет 1,2 см /ч, при температуре минус 18°С, что соответствует характеристике – ускоренное замораживание. При таком режиме степень выживания общего количества жизнеспособных клеток пробиотических микроорганизмов составляет 80-85% от их первоначального количества, установленного до замораживания.

Таблица 5. Микробиологические показатели биомороженого
Table 5. Microbiological indicators of bio-frozen

№ п/п	Наименование показателей	Фактические данные
1	Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), КОЕ в 1 см^3	1×10^5
2	БГКП (колиформы), в 0,1 г продукта	не обнаружено
3	Патогенные, в т. ч. сальмонеллы, в 25 г продукта	не обнаружено
4	S. aureus, в 0,1 г продукта	не обнаружено
5	Дрожжи и плесень, в 0,1 г продукта	не обнаружено

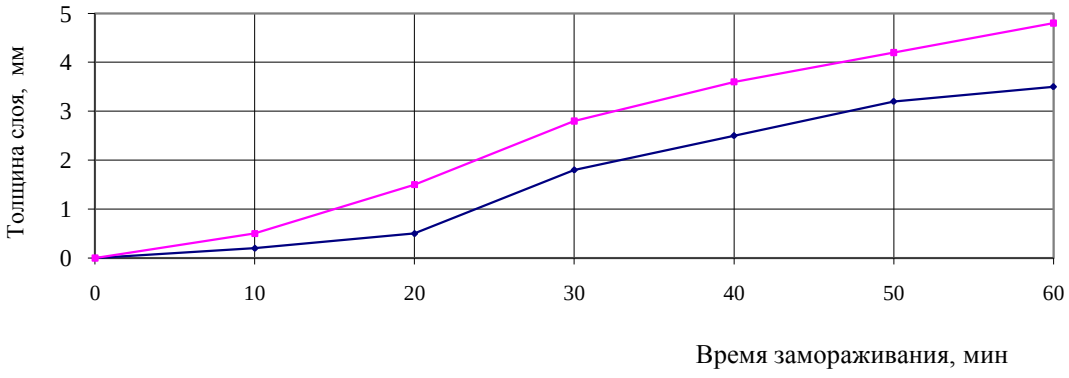


Рисунок 1. Зависимость толщины замороженого слоя от времени замораживания
Figure 1. Dependence of the thickness of the frozen layer on the freezing time

Общее заключение по длительному хранению молочных продуктов при отрицательных нерегулируемых температурах в течение 30 суток положительное. Основные причины хорошей сохраняемости в условиях закалочной камеры, обеспечивающие преимущества такого способа хранения по сравнению с холодильными камерами: более низкая температура (ниже минус 30°С), чем в обычных холодильных камерах (минус 18°С), отсутствие колебаний температуры хранения.

Потери массы продукта при замораживании, образующиеся в результате усушки, составляют в обычном режиме 5-10% (в зависимости от температуры в камере и температуры замораживаемого продукта). Использование форсированного режима заморозки способствует сокращению потери массы до 0,8%, что также дает экономический эффект.

На основании проведенных экспериментальных исследований можно сделать вывод, что данный способ низкотемпературного хранения пастообразных молочных продуктов сохраняет их первоначальные свойства и повышает хранимоспособность.

Выводы. Теоретические и экспериментальные исследования показали, что использование функциональных ингредиентов в технологии замороженых молочно-белковых десертных продуктов не только расширяет ассортимент ферментированных молочных продуктов, но и позволяет оказывать ряд положительных эффектов на процессы разработки и формирование качественных характеристик готового продукта.

В результате проведенной научно-исследовательской работы были выполнены следующие виды работ:

- обосновано и выбрано основное молочное сырье и функциональные ингредиенты для разработки научно-обоснованной рецептуры замороженого молочно-белкового десертного продукта;
- разработаны варианты рецептуры и технологический процесс производства нового вида замороженого молочно-белкового десертного продукта из вторичного молочного сырья;
- в лабораторных условиях кафедры «Биотехнология» НАО «Торайгыров университет» отработана рецептура и технология молочно-белкового замороженого десертного продукта из вторичного молочного сырья, с проведением расширенной дегустации и комплексных исследований качественных (органолептических, физико-химических, структурно-механических и микробиологических) показателей;
- проведены исследования процесса низкотемпературного хранения опытных образцов нового вида молочно-белкового замороженого десертного продуктов из молочной сыворотки (биомороженое), с целью повышения качественных характеристик и хранимоспособности.

Список источников литературы

1. Гаврилова Н.Б., Пасько О.В. Повышение качества и хранимоспособности продуктов функционального назначения // Молочная промышленность. 2009. № 9. С. 60–61.

2. Донцова Е.А., Пронина В.П. Особенности изменения качества продуктов при замораживании и хранении // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. 2005. № 2. С. 23–24.

3. Туганова Б.С. Екінші айналымдағы сүт шикізатын қайта өңдеудің қалдықсыз технологиясы: монография. Павлодар: Издательство «Toraighyrov University», 2020. 129 с.

4. Гладилова О.А., Гаврилова Н.Б. Изучение и подбор биополимеров для иммобилизации клеток микроорганизмов методом капсулирования // Сборник научных трудов, посвященный проблемам техники и технологии переработки молока. Барнаул, 2008. С. 261–264.

5. Гаврилова Н.Б., Толеубекова С.С. Технология белковых продуктов для лечебно-профилактического и геродиетического питания: аналитический обзор. Семипалатинск: Семипалатинский ЦНТИ, 2002. 32 с.

References

1. Gavrilova N.B., Pasko O.V. Increase of the quality and the storage capacity of the products of functional nutrition. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry]. 2009;9:60–61. (In Russ.)
2. Dontsova E.A., Pronina V.P. Features of changing the quality of products during freezing and storage. *Hranenie i pererabotka sel'skohozyajstvennogo syr'ya* [Storage and processing of agricultural raw materials]. 2005;2:23–24. (In Russ.)
3. Tuganova B.S. E kinshi a yna lymda gy sut shikiza tyn ka yta onde udin ka ldyksyz te khnologiyasy: monographia. Pavlodar: Publishing house «Toraighyrov University», 2020, 129 p. (In Kaz.)
4. Gladilova O.A., Gavrilova N.B. The study and selection of biopolymers for the immobilization of microbial cells by encapsulation. *Cbornik nauchnyh trudov, posvyashchennyj problemam tekhniki i tekhnologii pererabotki moloka.* [Collection of scientific article, devoted to the problems of technology and technology of milk processing]. Barnaul, 2008:261–264. (In Russ.)
5. Gavrilova N.B., Toleubekova S.S. *Tekhnologiya belkovyh produktov dlya lechebno-profilakticheskogo i gerodieticheskogo pitaniya: analiticheskij obzor* [Technology of protein products for therapeutic and preventive and herodietic nutrition. Analyte. Review]. Semipalatinsk: Semipalatinsk Central Research Institute, 2002. 32 p. (In Russ.)

Сведения об авторе

Туганова Бакыт Сагатовна – кандидат технических наук, профессор кафедры «Биотехнология», Независимое акционерное общество «Торайгыров Университет»,
Scopus Author ID: 57226766452

Information about the author

Bakyt S. Tuganova – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Biotechnology, Independent Joint Stock Company Toraigyrov University,
Scopus Author ID: 57226766452

Статья поступила в редакцию 08.02.2022; одобрена после рецензирования 04.03.2022; принята к публикации 09.03.2022.

The article was submitted 08.02.2022; approved after reviewing 04.03.2022; accepted for publication 09.03.2022.

Научная статья
УДК 621.318
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-128-136

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ПРОТИВОДЕЙСТВУЮЩЕГО УСИЛИЯ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТА

Амур Григорьевич Фиапшев[✉1], **Марат Мухамедович Хамоков**[2], **Олеся Хаутиевна Кильчукова**[3], **Камила Султановна Розуматова**[4]
[1,2,3,4]Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030
[✉1]energo.kbr@rambler.ru, http://orcid.org/0000-0002-3080-0901
[2]h-mm_1@mail.ru, http://orcid.org/0000-0002-4736-1546
[3]energo_80@mail.ru, http://orcid.org/0000-0001-9796-3775
[4]krozumatova@yandex.ru

Аннотация. В статье на основании анализа коммутационных аппаратов и различных электроустановок показано, что основным их элементом является быстродействующее электромагнитное устройство, осуществляющее функции реагирующего органа и привода. В качестве такого устройства может использоваться как поляризованный, так и нейтральный электромагнит. До настоящего времени наибольшее распространение получили поляризованные электромагниты, как наиболее быстродействующие. Однако существует ряд конструкций электромагнитов нейтрального типа, которые могут заменить поляризованные электромагниты, в частности, в автоматических выключателях электровозов. Анализ состояния проблемы показал, что методы расчета и исследования быстродействующих электромагнитных устройств требуют более строгих и точных математических расчетов, позволяющих заменить экспериментальные исследования в реальных аварийных режимах и одновременно автоматизировать труд исследователей путем широкого применения более точных расчетов. Приведены результаты теоретических исследований процессов, протекающих в быстродействующих электромагнитах, математические зависимости для расчета параметров и характеристик, как при статических, так и динамических режимах работы. Получено уравнение для определения оптимальной противодействующей силы, при которой время цикла минимально. Разработаны математические алгоритмы для расчета статических и динамических характеристик быстродействующих электромагнитов с учетом насыщения стали, потоков рассеяния, вихревых токов в массивных элементах магнитопроводов и токопроводах.

Ключевые слова: магнитная система, электромагнит, быстродействие электромагнита, магнитопровод, время срабатывания электромагнита, время отпускания электромагнита

Для цитирования. Фиапшев А.Г., Хамоков М.М., Кильчукова О.Х. и др. Выбор оптимального противодействующего усилия для достижения максимального быстродействия электромагнита // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 128–136. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-128-136

© Фиапшев А.Г., Хамоков М.М., Кильчукова О.Х., Разуматова К.С., 2022

Research Article

SELECTION OF THE OPTIMAL REACTIVE FORCE TO ACHIEVE THE MAXIMUM SPEED OF THE ELECTROMAGNET

Amur G. Fiapshev[✉1], **Marat M. Khamokov**[2], **Olesya Kh. Kilchukova**[3], **Kamila S. Rozumatova**[4]
[1,2,3,4]Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Lenin Avenue, 1v, Nalchik, Russia, 360030
[✉1]energo.kbr@rambler.ru, http://orcid.org/0000-0002-3080-0901
[2]h-mm_1@mail.ru, http://orcid.org/0000-0002-4736-1546
[3]krozumatova@yandex.ru, http://orcid.org/0000-0002-4736-1546
[4]krozumatova@yandex.ru

Abstract. Based on the analysis of switching devices and various electrical installations, the article shows that their main element is a high-speed electromagnetic device that performs the functions of a reacting organ and a drive. Both a polarized and a neutral electromagnet can be used as such a device. So far, polarized electromagnets have been most widely used as the fastest ones. However, there are a number of designs of neutral type electromagnets that can replace polarized electromagnets, in particular in electric locomotive circuit breakers. An analysis of the state of the problem showed that the methods for calculating and studying high-speed electromagnetic devices require more rigorous and accurate mathematical calculations that allow replacing experimental studies in real emergency conditions and at the same time automating the work of researchers through the widespread use of more accurate calculations. The results of theoretical studies of processes occurring in high-speed electromagnets, mathematical dependencies for calculating parameters and characteristics, both in static and dynamic modes of operation, are presented. An equation was obtained to determine the optimal counteracting force, at which the cycle time is minimal. Mathematical algorithms have been developed for calculating the static and dynamic characteristics of high-speed electromagnets, taking into account steel saturation, leakage fluxes, eddy currents in massive elements of magnetic circuits and current conductors.

Keywords: magnetic system, electromagnet, electromagnet speed, magnetic circuit, electromagnet response time, electromagnet release time

For citation. Fiapshev A.G., Khamokov M.M., Kilchukova O.Kh. et al. Selection of the optimal reactive force to achieve the maximum speed of the electromagnet. Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova [Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022;1(35):128–136. (In Russ.).
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-128-136

Введение. В ряде случаев практического применения электромагнитов требуется, чтобы время их срабатывания было возможно меньшим, т.е. чтобы они имели максимальное быстродействие.

Быстродействующие электромагниты применяются в самых различных случаях: для реле защиты, автоматики и контроля, для привода быстродействующих автоматических воздушных выключателей, для использования в электромеханических отбойных молотках, вибраторах и т.п.

В зависимости от области применения и назначения быстродействующего электромагнита время его срабатывания колеблется от единиц до десятков миллисекунд.

Получение увеличенной скорости срабатывания может быть достигнуто двумя путями:

1) когда требующаяся скорость срабатывания обеспечивается самим электромагнитом, конструктивные и расчетные параметры которого обеспечивают быстродействие;

2) когда необходимую скорость срабатывания получают благодаря применению специальных схем, в то время как используемый

при этом электромагнит сам по себе не является быстродействующим.

Большое применение в качестве быстродействующего привода находят поляризованные электромагниты.

На скорость срабатывания непосредственно влияют основные параметры электромагнитов, их конструктивное выполнение и материал магнитной цепи. В быстродействующих электромагнитах наличие короткозамкнутых обмоток, металлических каркасов катушки и любых других путей для прохождения вихревых токов, образованных металлическими деталями электромагнитов, является недопустимым, так как влечет за собой увеличение его времени срабатывания.

При разработке конструкции магнитопровода электромагнита должны быть приняты меры, направленные к уменьшению влияния вихревых токов, которые противодействуют намагничиванию и размагничиванию стали магнитопровода и этим замедляют действие электромагнита. Целесообразно применять такие сорта стали, которые имеют меньший остаточный магнетизм.

Наиболее часто детали магнитопроводов быстродействующих электромагнитов выполняют из магнитных материалов с высоким удельным электрическим сопротивлением (от $4{,}5\times10^{-5}$ до 6×10^{-5}ом×см), к которым относятся стали с примесью кремния (обычно около 4% Si). В некоторых случаях применяют никелевые стали (примерно с 50% содержанием никеля). Эти сплавы имеют высокую проницаемость и высокое удельное электрическое сопротивление.

Для снижения влияния вихревых токов часто магнитопроводы быстродействующих электромагнитов выполняют шихтованными, состоящими из отдельных стальных листов, изолированных друг от друга. Если это неудобно с конструктивной точки зрения (например, в электромагнитах клапанного типа с внешним якорем), то стремятся применять, возможно, более тонкие якоря, а в сердечниках делают специальные проточки для увеличения длины пути и повышения сопротивления вихревым токам. Следует также обращать внимание на трение в осях и опорах якоря, которое должно быть по возможности уменьшено.

Кроме того, для быстродействующих электромагнитов характерным является такой выбор параметров, при которых тяговая сила электромагнита при начальном зазоре и установившемся токе в несколько раз превосходит противодействующую силу.

Все эти вопросы относятся к общим принципам конструирования быстродействующих электромагнитов.

Цель исследования – разработать математические алгоритмы для расчёта статических и динамических характеристик быстродействующих электромагнитов с учётом насыщения стали, потоков рассеяния, вихревых токов в массивных элементах магнитопроводов и токопроводах.

Материалы, методы и объекты исследования. В ходе теоретических исследований переходных процессов в электромагнитной системе использовались методы конечных последовательных интервалов и совместного решения дифференциальных уравнений цепи и поля. При исследовании влияния быстродействующих электромагнитов приведены расчеты, и исследования переходных электромагнитных процессов в быстродействующих электромагнитах с учётом насыщения стали и вихревых токов в элементах магнитопроводов и токопроводах. Исследованы на основе численных экспериментов влияния различных факторов на быстродействие электромагнитов.

Результаты исследования. Создание быстродействующих электромагнитов постоянного тока является одной из важных задач электромеханики. Под быстродействием электромагнита в данном случае имеется в виду способность достаточно быстро срабатывать и возвращаться в исходное положение. Имеющиеся, например, рекомендации по повышению быстродействия электромагнитов [1, 2] относятся к способам уменьшения времени срабатывания или времени отпускания электромагнита. Однако все рекомендуемые меры, которые ведут к уменьшению времени срабатывания, одновременно приводят к увеличению времени отпускания и наоборот. Часто же бывает и необходимо уменьшение суммы времени срабатывания и времени отпускания (так называемого «цикла»). Одним из факторов, влияющих на вре-

мя цикла электромагнита, является величина противодействующей силы. Известно, что если противодействующая сила для данного электромагнита больше, чем электромагнитная сила при номинальном токе и начальном зазоре, то время срабатывания равно бесконечности. Если же противодействующая сила меньше, чем электромагнитная сила, обусловленная осадочной индукцией, то бесконечности равно время отпускания и, естественно, время цикла. Это значит, что для заданного электромагнита существует противодействующая сила, при которой время цикла минимально.

Время цикла $t_{щ}$ – складывается из времени трогания при срабатывании t_1, времени движения при срабатывании t_2, времени трогания при отпускании t_3 и времени движения при отпускании t_4. Определив производные каждого слагаемого при противодействующей силе P и, приравняв сумму этих производных нулю, получим уравнение, из которого можно определить $P_{опт}$ – оптимальную противодействующую силу, при которой время цикла минимально.

При этом будем считать противодействующую силу постоянной по ходу якоря. Будем также считать, что сечение магнитопровода на всех участках одинаково и магнитная система в процессе срабатывания не насыщена. Кроме того, не будем учитывать влияния вихревых токов, что справедливо в случае шихтованного магнитопровода.

Процесс включения электромагнита на постоянное напряжение описывается (до момента трогания) следующим дифференциальным уравнением:

$$u = iR + L_{н}\frac{di}{dt}, \quad (1)$$

где:

u –номинальное напряжение;

R – сопротивление цепи обмотки;

$L_{н}$–индуктивность электромагнита с учетом потоков выпучивания и утечки и магнитного сопротивления магнитопровода, подсчитанная при начальном зазоре и тоже, равном 0,5 номинального;

i – мгновенное значение тока;

t – время, отсчитываемое от момента подачи напряжения u.

Определив из этого уравнения t_1 и взяв производную $\frac{dt_1}{dP}$, получим:

$$\frac{dt_1}{dP} = \frac{L_n}{4RF_{н}} = \frac{1}{x(1-0{,}5x)}, \quad (2)$$

где:

$F_{н}$ – электромагнитная сила при начальном зазоре и токе, равном половине номинального, а

$$x = \sqrt{\frac{P}{F_{н}}}. \quad (3)$$

При определении $\frac{dt_2}{dP}$ будем считать, что соотношение магнитного потока, найденного без учета рассеяния и выпучивания, к потоку, определенному с учетом этих факторов, остается постоянным при перемещении якоря из начального положения в конечное. Это допущение справедливо, так как в течение большей части времени движения скорость якоря мала [3]. При этом процесс движения якоря при срабатывании следующей системой дифференциальных уравнений:

$$u = iR + k_1\frac{d\Phi}{dt}, \quad (4)$$

$$m\frac{d^2s}{dt^2} + P = k_2\Phi^2, \quad (5)$$

$$i = (k_3 - k_4 s)\Phi, \quad (6)$$

где:

m – приведенная масса перемещающихся деталей;

s – перемещение якоря;

Ф – мгновенное значение магнитного потока в рабочем зазоре.

Коэффициенты k_1, k_2, k_3, k_4 во время движения якоря остаются постоянными и определяются для начального и конечного положения якоря при токе, равном 0,5 номинального.

$$k_1 = \frac{\psi_{н}}{\Phi_{н}}, \quad (7)$$

$$k_2 = \frac{F_{н}}{\Phi_{н}^2}, \quad (8)$$

$$k_3 = \frac{I_{н}}{\Phi_{н}}, \quad (9)$$

$$k_4 = \frac{\frac{I_н}{\Phi_н} - \frac{I_н}{\Phi_к}}{\delta}, \qquad (10)$$

где:

$I_н$ −ток, равный половине номинального;

$\psi_н$ −потокосцепление при начальном зазоре и токе, равном $I_н$;

$\Phi_н$ −поток при конечном зазоре и токе, равном $I_н$;

δ −ход якоря.

Решая эту систему уравнений с помощью степенных рядов и, ограничиваясь первым членом ряда $s = f(t)$, подобно тому, как это сделано в [2], получаем формулу для t_2:

$$t_2 = \sqrt[3]{\frac{3\delta L_н m}{R(2\sqrt{F_н P} - P)^*}}, \qquad (11)$$

Беря производную по P, получаем:

$$\frac{dt_2}{dP} = -\sqrt[3]{\frac{3\delta L_н m}{144RF^4}}\sqrt[3]{\frac{1}{1-0{,}5x}}\frac{1-x}{x^2(1-0{,}5x)}. \qquad (12)$$

Рассматривая процесс трогания якоря электромагнита при отпускании, надо учитывать следующие обстоятельства. Во-первых, современные быстродействующие электромагниты постоянного тока управляются обычно полупроводниковыми усилителями. В выходном каскаде такого усилителя всегда имеется диод, включенный параллельно цепи электромагнита. Этот диод нужен для снятия перенапряжений, возникающих при отключении электромагнита и опасных для транзистора выходного каскада усилителя. Поэтому отключение электромагнита можно рассматривать как закорачивание его цепи. Во-вторых, при притянутом якоре можно пренебречь выпучиванием и рассеиванием, так как конечный зазор обычно гораздо меньше начального. В-третьих, в процессе спадания магнитного потока после закорачивания цепи сработавшего электромагнита нельзя считать систему ненасыщенной и пренебрегать гистерезисом. Поэтому зависимость между индукцией B и напряженность H_μ в стали будем выражать аналитически, формулой, приведенной в [1]:

$$H_\mu = \frac{B}{\alpha_\mu}\frac{1}{1-\frac{B}{\beta_\mu}}H_c. \qquad (13)$$

В этой формуле $\alpha_\mu, \beta_\mu, H_c$ − постоянные величины, которые определяются по кривой намагничивания для данного материала; H имеет размерность напряженности, β_μ − индукции, а α_μ − магнитной проницаемости. С учетом сказанного, используя закон полного тока для магнитной цепи электромагнита, можем записать дифференциальное уравнение, описывающее процесс спадания магнитного потока при закорачивании обмотки электромагнита:

$$0 = R\left\{\frac{B}{\mu_0}\frac{1}{\omega} + \frac{l_м}{\omega}\left[\frac{B}{\alpha_\mu\left(1-\frac{B}{\beta_\mu}\right)} - H_c\right]\right\} + \omega S + \frac{dB}{dt}, \qquad (14)$$

где:

l − конечный зазор электромагнита;

$l_м$ − длина средней линии магнитопровода;

ω − число витков обмотки;

S − сечение магнитопровода.

Разделяя переменные, получим:

$$dt = \frac{\beta_\mu - B}{aB^2 - bB + c}dB \qquad (15)$$

$$a = \frac{1}{\mu_0}\frac{Rl}{\omega^2 S}, \qquad (16)$$

$$b = \frac{Rl}{\omega^2 S}(H_c + \frac{\beta_\mu}{\alpha_\mu}\frac{l_м}{l} + \frac{l_м}{l}\frac{\beta_\mu}{\mu_0}, \qquad (17)$$

$$c = \beta_{\mu 1}H_c\frac{Rl}{\omega S}. \qquad (18)$$

Интегрируя это уравнение в пределах от $t = 0$ и $B = B_{конеч}$ до $t = t_3$ и $B = B_{тр}$, получаем выражение для t_3. Продифференцируем полученное выражение по P, подставляя в него

$$B_{тр} = B_н\sqrt{\frac{P}{F_н}}, \qquad (19)$$

где: $B_н$ − индукция при начальном зазоре и токе, равном $I_н$.

В результате получим выражение для $\frac{dt_2}{dP}$:

$$\frac{dt_2}{dP} = \frac{\mu_0 \omega^2 S}{2F_н Rl} * \\ * \frac{1 - k_B x}{\left[\frac{k_{м^2}}{k_B} k_1 - \left(1 + \frac{k_1}{k_{м^1}} + k_1 k_{м^2}\right) x + k_B x^2\right] x}. \quad (20)$$

Здесь:

$$k_B = \frac{B_н}{\beta_\mu}, \quad (21)$$

$$k_{м^2} = \frac{H_c \mu_0}{\beta_\mu}, \qquad k_{м^1} = \frac{\alpha_\mu}{\mu_0}, \quad (22)$$

$$k_l = \frac{l_м}{l}. \quad (23)$$

После начала движения якоря электромагнита при отпускании электромагнитная сила резко падает. Поэтому можно считать, что движение якоря при отпускании определяется только противодействующей силой и приведенной массой перемещающихся деталей. Тогда:

$$t_4 = \sqrt{\frac{2m\delta}{P}}. \quad (24)$$

$$\frac{dt_4}{dP} = -\sqrt{\frac{m\delta}{2F_н^3}} \frac{1}{x^3}. \quad (25)$$

Складывая первые части выражений (2), (12), (20) и (25) и приравнивая сумму нулю, после преобразования получаем следующее уравнение:

$$\frac{0{,}5x^2 + 0{,}5k_t x - k_t}{x^2(1 - 0{,}5x)} + \\ + \frac{1 - k_B x}{k_L \left[k_B x^2 - \left(1 + \frac{k_1}{k_{м^1}} + k_1 k_{м^2}\right)\right] x + k_1 \frac{k_{м^2}}{k_B}} - \\ - \sqrt{\frac{k_t^2}{36(1 - 0{,}5x)}} \frac{1 - x}{x(1 - 0{,}5x)} = 0. \quad (26)$$

В этом уравнении:

$$k_L = \frac{L_н}{L_к}, \quad (27)$$

$$k_t = \frac{t}{\tau_н}, \quad (28)$$

$$L_к = \frac{\mu_0 \omega^2 S}{l}, \quad (29)$$

$$t_н = \sqrt{\frac{2m\delta}{F_н}}, \quad (30)$$

$$\tau_н = \frac{L_н}{R}. \quad (31)$$

Определив из (26) $x_{опт}$, можно из (3) найти $P_{опт}$ – противодействующую силу, при которой время цикла данного электромагнита минимально. Уравнение (26) лучше всего решать графически, поэтому его преобразование к канонической форме не приводится. При решении уравнения (26) следует иметь в виду, что $x_{опт}$ может находиться в пределах от 0 до 2. Это следует из того, что противодействующая сила не может превышать $F_н$больше, чем в четыре раза, иначе электромагнит не сработает.

Выводы. Изложены результаты теоретического исследования процессов, протекающих в быстродействующих электромагнитах, приведены математические зависимости для расчета параметров и характеристик, как при статических, так и динамических режимах работы. Разработанные алгоритмы расчета позволяют учесть и рассчитать не только процессы, происходящие непосредственно в самом электромагнитном устройстве, но и учесть их влияние на выходные характеристики.

Полученные результаты могут служить теоретической базой при исследовании и разработке методики проектирования оптимальных быстродействующих электромагнитов.

Список источников литературы

1. Гордон А.В., Сливинская А.Г.Электромагниты постоянного тока. М.–Л.: Госэнергоиздат, 1960. 447 с.

2. Тер-Акопов А.К. Динамика быстродействующих электромагнитов. М.–Л.: Энергия, 1965. 167 с.

3. Савельев И.В., Курс общей физики. Том 2. Электричество и магнетизм. Учебное пособие для вузов. СПб: Лань, 2022. 344 с.

4. Пилипенко В.А. Метод производящего функционала в классической статистической физике // Естественные и математические науки в современном мире. № 11-12(35). 2015. С. 112–116.

5. Болюх В.Ф., Щукин И.С. Исследование тепловых процессов в линейном импульсно-индукционном электромеханическом преобразователе циклического типа // Электротехника и электромеханика. 2017. №5. С. 14–22.

6. Кузнецов М.И. Основы электротехники. М.: Высшая школа, 1970. 368 с.

7. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2 «Электричество и магнетизм. Волны. Оптика»: учебное пособие. СПб.: Лань, 2007. 496 с.

8. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы. М.: БИНОМ. Лабораториязнаний, 2006. 319 с.

9. Старостин А.Г. Электромагниты постоянного тока. Lambert Academic Publishing: Germany. 2011. 160 с.

References

1. Gordon A.V., Slivinskaya A.G. *Elektromagnity postoyannogo toka* [Directcurrentelectromagnets]. M.–L.: Gosenergoizdat. 1960; 447p. (In Russ.)

2. Ter-Akopov A.K. *Dinamika bystrodejstvuyushchih elektromagnitov* [Dynamics of high-speed electromagnets]. M.–L.: Energiya. 1965, 167p. (In Russ.)

3. Savelyev I. V. *Kurs obshchej fiziki. Tom 2. Elektrichestvo i magnetizm. Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Course of General Physics. Volume 2. Electricity and Magnetism.Textbook for universities]. SPb: Lan'. 2022, 344 p. (In Russ.)

4. Pilipenko V.A. Generating functional method in classical statistical physics. *Estestvennye i matematicheskie nauki v sovremennom mire* [Natural and Mathematical Sciences in the Modern World]. 2015;11-12(35):112–116. (In Russ.)

5. Bolyukh V.F., Shchukin I.S. Study of thermal processes in a linear pulse-induction electromechanical converter of a cyclic type. *Elektrotekhnika i elektromekhanika* [Electrical Engineering and Electromechanics]. 2017;5:14–22. (In Russ.)

6. Kuznetsov M.I. *Osnovy elektrotekhniki* [Fundamentals of Electrical Engineering]. Moscow: Vysshaya shkola.1970; 368 p. (In Russ.)

7. Savelyev I.V. *Kurs obshchej fiziki. T. 2 «Elektrichestvo i magnetizm. Volny. Optika»: uchebnoe posobie* [Course of General Physics. Vol. 2 Electricity and magnetism. Waves. Optics]. 2007;496p. (In Russ.)

8. Irodov I.E. *Elektromagnetizm. Osnovnye zakony* [Electromagnetism. Fundamental Laws]. Moscow: BINOM. Knowledge Laboratory. 2006, 319 p. (In Russ.)

9. Starostin A.G. *Elektromagnity postoyannogo toka* [Direct current electromagnets]. Lambert Akademic Publishing: Germania. 2011. 160 p.

Сведения об авторах

Фиапшев Амур Григорьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный универ-

ситет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 2111-4506, Author ID: 461209, Scopus Author ID: 57216563705, Researcher ID: AAE-4739-2019

Хамоков Марат Мухамедович – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 3572-1415, Author ID: 668303, Scopus Author ID: 57205019878

Кильчукова Олеся Хаутиевна – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 8968-0220, Author ID: 668616, Scopus Author ID: 57205027117

Розуматова Камила Султановна – студент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова».

Information about the authors

Amur G. Fiapshev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Energy Supply of Enterprises, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», SPIN-code: 2111-4506, Author ID: 461209, Scopus Author ID: 57216563705, Researcher ID: AAE-4739-2019

Marat M. Khamokov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises,Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», SPIN-code: 3572-1415, Author ID: 668303, Scopus Author ID: 57205019878

Olesya Kh. Kilchukova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», SPIN-code: 8968-0220, Author ID: 668616, Scopus Author ID: 57205027117

Kamila S. Rozumatova – student of the Department of Energy Supply of Enterprises, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «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 16.02.2022; одобрена после рецензирования 03.03.2022; принята к публикации 09.03.2022.

The article was submitted 16.02.2022; approved after reviewing 03.03.2022; accepted for publication 09.03.2022.

Научная статья
УДК 663.53
DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-137-143

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ БРОЖЕНИЯ ПРИ ОСАХАРИВАНИИ ЗЕРНОВЫХ ЗАТОРОВ

Мадина Борисовна Хоконова
Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, пр. Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030, dinakbgsha77@mail.ru, hppt://orcid.org/0000-0003-2791-311X

Аннотация. Для нормального развития дрожжей в процессе брожения необходимо, чтобы в заторе содержались не только сбраживаемые сахара, но и достаточное количество усвояемых дрожжами азотистых веществ. При полной замене солода культурами плесневых грибов необходимо не только обеспечить глубокий гидролиз крахмала, но и гидролиз белковых веществ сырья. Целью исследования являлось уточнение режимов культивирования штаммов плесневых грибов и разработка условий их выращивания в спиртовом производстве. Для успешного применения глубинной культуры взамен солода необходимо в производственных условиях получать достаточно активные по амилолитической и протеолитической способности культуры. Для правильной дозировки необходимо установить, до каких пределов активности культур сохраняется их полноценный ферментативный комплекс, обеспечивающий нормальное осахаривание при установленном расходе единиц активности, что глубинная культура плесневых грибов имела явно низкую активность по амилолитической способности при сравнительно высокой декстринолитической активности, что отрицательно влияло на показатели сбраживания. Установлено, что полная замена солод на глубинную культуру плесневых грибов с такой низкой активностью по амилолитической способности приводили к ухудшению технологических показателей. Более высокое содержание крахмала в бражке при осахаривании солодом обусловливается наличием нерастворенного крахмала солода. Содержание несброженных редуцирующих веществ при осахаривании этой неактивной по амилолитической способности культурой плесневых грибов выше, чем при осахаривании солодом, что приводит к некоторому снижению выхода спирта.

Ключевые слова: спиртовое брожение, осахаривание, затор, плесневые грибы, солод, ферментативная активность

Для цитирования. Хоконова М.Б. Оптимизация параметров и режимов брожения при осахаривании зерновых заторов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2022. 1(35). С. 137–143. DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-137-143

Research Article

OPTIMIZATION OF PARAMETERS AND REGIMES OF FERMENTATION DURING SACCHARGE OF GRAIN MASH

Madina B. Khokonova
Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Lenin Avenue, 1v, Nalchik, Russia, 360030, dinakbgsha77@mail.ru, hppt:// orcid.org/0000-0003-2791-311X

Abstract. For the normal development of yeast during fermentation, it is necessary that the mash contains not only fermentable sugars, but also a sufficient amount of nitrogenous substances digestible by the yeast. With the complete replacement of malt by cultures of mold fungi, it is necessary not only to ensure deep hydrolysis of starch, but also hydrolysis of the protein substances of the raw material. The purpose of the study was to clarify the modes of cultivation of mold strains and develop the conditions for their cultivation in alcohol production. For the successful use of deep culture instead of malt, it is necessary to obtain cultures that are sufficiently active in terms of amylolytic and photolytic abilities under production conditions.

© Хоконова М.Б., 2022

For the correct dosage, it is necessary to establish to what extent the activity of cultures is preserved by their full-fledged enzymatic complex, which ensures normal saccharification at the established consumption of activity units, that the deep culture of mold fungi had a clearly low activity in terms of amylolytic ability with a relatively high dextrinolitic activity, which negatively affected the fermentation performance. It has been established that the complete replacement of malt with a deep culture of mold fungi with such low activity in terms of amylolytic ability led to a deterioration in technological indicators. The higher content of starch in the mash during saccharification with malt is due to the presence of undisclosed malt starch. The content of unfermented reducing substances during saccharification of this mold culture, inactive in terms of amylolytic ability, is higher than during saccharification with malt, which leads to a slight decrease in the yield of alcohol.

Keywords: alcoholic fermentation, saccharification, mash, moulds, malt, enzymatic activity

For citation. Khokonova M.B. Optimization of parameters and modes of fermentation during the saccharification of grain mashes. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2022; 1(35):137–143. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2022-1-35-137-143

Введение. Для нормального развития дрожжей в процессе брожения необходимо, чтобы в заторе содержались не только сбраживаемые сахара, но и достаточное количество усвояемых дрожжами азотистых веществ. Солод помимо амилолитических ферментов содержит достаточно активные протеазы, гидролизующие белки зерна. При полной замене солода культурами плесневых грибов необходимо не только обеспечить глубокий гидролиз крахмала, но и гидролиз белковых веществ сырья [1, 2].

В результате спиртового брожения получается полупродукт – зрелая бражка, основу которой составляют вода и этиловый спирт.

Неточности и ошибки, допущенные в ходе технологического процесса производства, отражаются при анализе технологических показателей полученной бражки [3].

Цель исследования – оптимизация культивирования плесневых грибов и разработка условий их выращивания в спиртовом производстве.

Материалы, методы и объекты исследования. Объектами исследований служили плесневые грибы Asp. awamori, Asp. oryzae, Asp. batatae 4, Asp. usamii 45, солодовая смесь в количестве: 50% ячменного, 25% овсяного, 25% просяного.

Были поставлены следующие варианты опытов:

1. Из варочного аппарата в заводских условиях отбирали разваренную массу, осахаривали ее глубинной культурой плесневых грибов и сбраживали дрожжами.

2. Взяты условия первого варианта, но через сутки в бродящую массу задавали мелассную рассиропку из расчета 30% по весу крахмалистого сырья.

3. В отличие от первых двух вариантов для сбраживания применяли дрожжи, приготовленные на заторе, осахаренном грибами.

4-6. Варианты отличались от первых трех изменением качества глубинной культуры, взятой на осахаривание. В этих опытах применяли культуру плесневого гриба, выращенную в ферментаторах. В остальном четвертый опыт повторил условия первого, пятый – второго, а шестой – третьего.

7. Для сбраживания в лабораторных условиях была использована масса, отобранная из осахаривателя.

Количество нерастворенного крахмала и редуцирующих веществ определяли исходя из общего количества общих сбраживаемых и растворимых углеводов. Анализ основан на том, что крахмал в кислой среде при нагревании гидролизуется до растворимых углеводов. Без реакции гидролиза нерастворенный крахмал при фильтрации остается в осадке и в фильтрате определяется только количество растворимых сбраживаемых углеводов. По

разности определяют наличие нерастворенного крахмала в бражке.

Активность по АС и ДС определяли методом Виндиша-Кольбаха.

Крахмалистые среды осахаривали глубинной культурой плесневых грибов. Брожение велось непрерывно-поточным методом.

Результаты исследования. Поскольку при осахаривании зерновых заторов протеазы гидролизуют растительные белки, мы определили количество аминного азота, накапливающегося в заторах, осахаренных плесневыми грибами. Максимальное количество аминного азота накапливается при pH среды 4,5-5,0 и составляет в сравнительных лабораторных опытах для Asp.batatae 4-12,5 мг/100 мл, для солодовой вытяжки 18,7 мг/100 мл.

Культуры, выращенные на фильтрате барды, как правило, обладают высокой протеолитической активностью при достаточно высокой амилолитической активности [4, 5].

Для успешного применения глубинной культуры взамен солода необходимо в производственных условиях получать достаточно активные по амилолитической и протеолитической способности культуры.

Для удобства расчетов в этом случае применяют так называемые «большие единицы» (б. ед.), которые в 1000 раз больше малых. Было установлено, что для полного осахаривания 1 т крахмала необходимо в солоде иметь 700 б. ед. АС и 6000 б. ед. ДС.

На практике при применении солодов низкого качества эту норму требуется увеличить [6].

Технологической инструкцией по производству спирта этилового ректификованного из пищевого сырья предусматривается расход зерна на солод в количестве 16% от перерабатываемого крахмала зерна. При вышеуказанной активности солодов на 1 т крахмала зернового сырья будет тратиться от 728 до 1120 б. ед. амилолитической способности (АС), и от 8960 до 12040 б. ед. декстринолитической способности (ДС) в зависимости от активности солодов.

При полной замене солода поверхностной культурой плесневых грибов, как установлено экспериментально, необходимо применять смесь двух видов грибов: Asp. awamori в количестве 4% и Asp. oryzae 1% по весу перерабатываемого крахмала. Активность культур при таком расходе должна быть АС 10-14 ед/г, ДС 350-400 ед/г для Asp. awamori и АС 35-45 ед/г, ДС 200-250 ед/г для Asp. oryzae [7, 8].

Следовательно, для осахаривания 1 т крахмала будет расходоваться в этом случае АС от 830 до 1010 б. ед., а ДС от 16000 до 18500 б. ед.

Как показывают данные таблицы 1, если активность плесневых грибов находится в пределах, предусмотренных инструкцией, то при установленных нормах расхода на осахаривание 1 т крахмала затрачивается 810-1000 б. ед. АС и 10000-18000 б. ед. ДС.

Таблица 1. Расход осахаривающих средств на 1 т крахмала
Table 1. Consumption of saccharifying agents per 1 ton of starch

Условия осахаривания	Осахаривающее средство	Расход на 1 т осахариваемого крахмала		
		т	АС, б. ед.	ДС, б. ед.
Смесью солодов. Расход солодового зерна 16% или зеленого солода 22,4% к осахариваемому крахмалу	Ячменный солод Просяной солод Овсяный солод	0,112 0,056 0,056	560 140 224	3360 4480 2240
Смесью поверхностных культур плесневых грибов (1:4). Расход 5% по весу осахариваемого крахмала	Asp. awamori Asp. oryzae	0,04 0,01	560 250	16000 2000
Глубинной культурой плесневого гриба, выращенного на барде с добавками. Расход 100% по весу осахариваемого крахмала	Asp. batatae 4	1,0	1000	18000
Глубинной культурой плесневого гриба, выращенного на барде. Расход 165% по весу крахмала	Asp. usamii 45	1,65	320	22400

Из приведенных выше расчетов следует, что при таких расходах культуры обеспечивается весьма близкое количество единиц АС и ДС на весовую единицу осахариваемого крахмала, при нарушении которого обеспечить процесс осахаривания не удается. Дозировка культуры по ее активности должна основываться на расходе единиц АС и ДС. Для правильной дозировки необходимо установить, до каких пределов активности культур сохраняется их полноценный ферментативный комплекс, обеспечивающий осахаривание при установленном расходе единиц активности (табл. 2).

Таблица 2. Количество единиц активности на 1 т крахмала
Table 2. The number of activity units per 1 ton of starch

Условия осахаривания	Осахаривающее средство	Активность	
		АС	ДС
Смесью солодов. Расход солодового зерна 16% или зеленого солода 22,4% к осахариваемому крахмалу	Ячменный солод Просяной солод Овсяный солод	5 2,5 4	30 80 40
Смесью поверхностных культур плесневых грибов (1:4). Расход 5% по весу осахариваемого крахмала	Asp. awamori Asp. oryzae	14 25	400 200
Глубинной культурой плесневого гриба, выращенного на барде с добавками. Расход 100% по весу осахариваемого крахмала	Asp. batatae 4	100	1800
Глубинной культурой плесневого гриба, выращенного на барде. Расход 165% по весу крахмала	Asp. usamii 45	20	1460

В этом случае на 1 т крахмала затрачивается 320 б. ед. АС и 22400 б. ед. ДС. Недостаток амилолитической активности не компенсируется увеличением расхода единиц декстринолитической активности [9].

Из приведенных выше расчетов следует, что при таких расходах культуры обеспечивается весьма близкое количество единиц АС и ДС на весовую единицу осахариваемого крахмала, при нарушении которого обеспечить процесс осахаривания не удается. Очевидно, дозировка культуры по ее активности должна основываться на расходе единиц АС и ДС. Для правильной дозировки необходимо установить, до каких пределов активности культур сохраняется их полноценный ферментативный комплекс, обеспечивающий осахаривание при установленном расходе единиц активности.

Наибольшее влияние на процесс осахаривания оказало качество грибной культуры, применяемой для осахаривания крахмалистого сырья.

Во всех вариантах, где для осахаривания применялась грибная культура, выращенная в лаборатории, показатели зрелых бражек были лучшими, несмотря на добавление мелассы, применении дрожжей и разваренной массы, отобранной из варочной колонны. При использовании культуры, выращенной в производственных условиях, трехсуточное брожение не обеспечивало полного выбраживания сахаров и содержание редуцирующих веществ в зрелых бражках колебалось от 1,0 до 1,6 г/100 мл.

Из приведенных данных видно, что резкое отличие грибной культуры по активности АС заметно сказывается на результатах брожения.

Результаты исследований показывают, что глубинная культура плесневых грибов имела явно низкую активность по АС при сравнительно высокой ДС, что отрицательно влияло на показатели сбраживания.

Полностью заменить солод на глубинную культуру плесневых грибов с такой низкой

активностью по АС приводили к ухудшению технологических показателей.

В каждом опыте приведены средние данные за один поток, объем которого составляет 8-9 бродильных чанов (табл. 3).

Таблица 3. Параметры, характеризующие процесс брожения при осахаривании зерновых заторов
Table 3. Parameters characterizing the fermentation process during the saccharification of grain mash

Номер опыта	Активность культуры, ед/100 мл		Расход культуры, % к объему разваренной массы	Показатели зрелой бражки		
	АС	ДС		нарастание кислотности,°	редуцирующие вещества	нерастворенный крахмал
					г/100 мл	
1	27	1579	16,6	0,32	1,25	0,1
2	27	1828	13,8	0,13	1,18	0,13
3	18	1462	14,2	0,20	0,91	0,09
4	20	1475	11,4	0,10	1,56	0,14
5	22	1561	13,8	0,12	1,15	0,1
6	25	1423	14,0	0,34	1,37	0,17
7	28	1517	15,5	0,27	1,08	0,12

Известно, что при осахаривании зеленым солодом содержание нерастворенного крахмала в зрелой бражке колеблется в пределах 0,18-0,22 г/100 мл, а содержание редуцирующих веществ в пределах 0,5-0,7 г/100 мл.

Количество нерастворенного крахмала при осахаривании культурой плесневых грибов было ниже этих пределов. Более высокое содержание крахмала в бражке при осахаривании солодом обусловливается наличием нерастворенного крахмала солода. Содержание несброженных редуцирующих веществ при осахаривании этой неактивной по АС культурой плесневых грибов выше, чем при осахаривании солодом, что приводит к некоторому снижению выхода спирта.

Выводы. Таким образом, для эффективного применения глубинной культуры плесневых грибов необходимо повысить ее ферментативную активность прежде всего по АС не менее, чем в 4-5 раз. При снижении потерь с несброженными сахарами от 0,5 до 0,2 г/100 мл выход спирта увеличивается на 2-2,5%. Дальнейшее совершенствование процесса должно быть направлено на увеличение срока непрерывного притока питательной среды в батарею, который в настоящее время составляет 48 ч. Для этого необходимо обеспечить абсолютную стерильность процесса и условия, интенсифицирующие процесс накопления амилолитических ферментов.

Список источников литературы

1. Khokonova M.B., Kashukoev M.V., Tsagoeva O.K. The impact of the activity of a mould fungus culture on the depth of hydrolysis of raw material carbohydrates in alcohol production // Bioscience biotechnology research communications. 2021. Vol. 14 (3). Pp. 1260–1264.

2. Ашхотов Э.Ю. Экономические и экологические проблемы выбора технологии переработки (утилизации) отходов производства биоэтанола: научное издание. Нальчик: Издательство М. и В. Котляровых, 2009. 172 с.

3. Хоконова М.Б., Цагоева О.К. Качественные показатели продуктов брожения в спиртовом производстве // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2019. № 1 (23). С. 52–55.

4. Качмазов Г.С. Дрожжи бродильных производств: практическое руководство. СПб.: Лань, 2012. 224 с.

5. Мукаилов М.Д., Ханмагомедов С.Г., Алиева О.Ю. Особенности и индикаторы повышения конкурентоспособности региональной аграрной экономики // Региональные проблемы преобразования экономики. 2017. № 3 (77). С. 4–10.

6. Мукаилов М.Д., Хоконова М.Б. Технология и оборудование бродильных производств: учебное пособие. Нальчик: Изд-во М. и В. Котляровых, 2015. 203 с.

7. Серба Е.М., Абрамова И.М., Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Грунин Е.А. Влияние ферментных препаратов на технологические показатели зернового сусла и качество пива // Пиво и напитки. 2018. № 1. С. 50–54.

8. Хоконова М.Б., Цагоева О.К. Качественные показатели зерновых заторов, осахаренных ферментами глубинной культуры солода // Актуальная биотехнология. 2019. № 3 (30). С. 244–248.

9. Ашхотов Э.Ю. Экономические и экологические проблемы выбора технологии переработки (утилизации) отходов производства биоэтанола: научное издание. Нальчик: Издательство М. и В. Котляровых, 2009. 172 с.

References

1. Khokonova M.B., Kashukoev M.V., Tsagoeva O.K. The impact of the activity of a mold fungus culture on the depth of hydrolysis of raw material carbohydrates in alcohol production. *Bioscience biotechnology research communications*. 2021;14(3):1260–1264.

2. Ashkhotov E.Yu. Economic and environmental problems of choosing a technology for processing (utilization) of bioethanol production waste: nauchnoe izdanie. Nal'chik: Izdatel'stvo M. i V. Kotlyarovyh. 2009. 172 p. (In Russ.)

3. Khokonova M.B., Tsagoeva O.K. Qualitative indicators of fermentation products in alcohol production. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. V.M. Kokova* [Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov]. 2019;1(23):52–55. (In Russ.)

4. Kachmazov G.S. *Drozhzhi brodil'nyh proizvodstv: prakticheskoe rukovodstvo* [Yeast fermentation industries: a practical guide]. St. Petersburg: Lan', 2012. 224 p. (In Russ.)

5. Mukailov M.D., Khanmagomedov S.G., Alieva O.Yu. Features and indicators of increasing the competitiveness of the regional agrarian economy. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki* [Regional problems of economic transformation]. 2017;3 (77):4–10. (In Russ.)

6. Mukailov M.D., Khokonova M.B. *Tekhnologiya i oborudovanie brodil'nyh proizvodstv* [Technology and equipment of fermentation industries]: uchebnoe posobie. Nal'chik: Izdatel'stvo M. i V. Kotlyarovyh. 2015. 203 p. (in Russ.)

7. Serba E.M., Abramova I.M., Rimareva L.V. et al. Influence of enzyme preparations on the technological parameters of grain wort and the quality of beer. *Pivo i napitki* [Beer and drinks]. 2018;1:50–54. (In Russ.)

8. Khokonova M.B., Tsagoeva O.K. Qualitative indicators of grain mash, saccharified by enzymes of the deep culture of malt. *Aktual'naja biotehnologija* [Actual biotechnology]. 2019;3(30): 44–248. (In Russ.)

9. Ashkhotov, E.Yu. Economic and environmental problems of choosing a technology for processing (utilization) of bioethanol production waste. Nal'chik: Izdatel'stvo M. i V. Kotlyarovyh. 2009. 172 p. (In Russ.)

Сведения об авторе

Хоконова Мадина Борисовна – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», SPIN-код: 4098-3325, Author ID: 467141, Scopus Author ID: 57203266828

Information about the author

Madina B. Khokonova – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the department of technology production and processing of agricultural product, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov», SPIN-код: 4098-3325, Author ID: 467141, Scopus Author ID: 57203266828

Статья поступила в редакцию 07.02.2022; одобрена после рецензирования 25.02.2022; принята к публикации 01.03.2022.

The article was submitted 07.02.2022; approved after reviewing 25.02.2022; accepted for publication 01.03.2022.

5 января исполнилось 70 лет доктору биологических наук, профессору, академику РАН, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, Герою Труда Кубани, заведующему кафедрой агрохимии Кубанского государственного аграрного университета Асхаду Хазретовичу Шеуджену.

Научно-педагогическая деятельность Асхада Хазретовича удостоена многочисленных дипломов, наград, медалей. Наш юбиляр – лауреат творческого конкурса Союза журналистов Республики Адыгея; дважды лауреат премии администрации Краснодарского края; семикратный лауреат на лучшую научную и творческую работу среди преподавателей высших учебных заведений Краснодарского края; лауреат конкурса Россельхозакадемии на лучшую завершенную научную разработку года; четырехкратный лауреат конкурса Фонда развития отечественного образования «Лучшая научная книга»; лауреат Государственной премии Республики Адыгея; лауреат премии имени Д.Н. Прянишникова в области агрохимии Правительства Российской Федерации; лауреат конкурса «Агрохимик года» в номинации «За вклад в развитие агрохимической науки»; лауреат общенациональной премии «Профессор года» в номинации «сельскохозяйственные науки»; лауреат проекта «Персона России».

Научные интересы Асхада Хазретовича Шеуджена сосредоточены в области агрохимии, почвоведения, земледелия, биогеохимии, физиологии растений. Основные научные работы посвящены изучению роли микроэлементов и регуляторов роста в жизни растений риса, а также разработке технологий их применения. Он внес весомый вклад в теорию и практику применения удобрений, мелиорантов и регуляторов роста в агроценозах. Провел исследования по выявлению причин полегания посевов риса и предложил экологически безопасные агрохимические способы по его предотвращению. Установил принадлежность риса и его дикорастущего сородича – цицании к растениям с C_4 – путем фотосинтеза. Впервые описал видовой состав водорослей на рисовых полях Кубани и показал их значение как продуцентов органического вещества. Развил теоретические основы сеникации и предложил новые подходы к обоснованию необходимости его проведения на посевах риса. Предложил принципиально новую агробиохимическую классификацию химических элементов: макроэлементы; мезоэлементы; микроэлементы; ультрамикроэлементы; инертные элементы; техногенные элементы. Сформулировал и обосновал «Закон соответствия культуры земледелия уровню социально-экономического развития общества». Им проведена комплексная агрохимическая оценка дефеката – отхода свекловичного производства и разработана технология его применения в качестве органо-минерального удобрения при выращивании сельскохозяйственных культур. Разработал регламент при-

менения навозной жижи, аммиачной, аммонийной и амидной форм азотных удобрений с ингибиторами нитрификации и уреазы, обеспечивающий снижение потерь азота, происходящий как в ходе денитрификации, так и вследствие вымывания нитратов, создавая тем самым предпосылки для временной консервации элемента в почве и повышение эффективности усвоения его растениями. Впервые доказал высокую эффективность применения цеолитов в рисоводстве и рекомендовал производству научно обоснованную и экологически безопасную технологию их применения. Им решена крупная народнохозяйственная проблема по утилизации фосфогипса нейтрализованного путём использования в земледелии нашей страны в качестве поликомпонентного удобрения и мелиоранта. Результаты научных разработок А.Х. Шеуджена неоднократно поддерживались грантами РФФИ, Кубанского научного фонда и закреплены 18 патентами на изобретения. Они вошли в учебники и учебные пособия по агрохимии и широко используются в учебном процессе.

Академик А.Х. Шеуджен – ведущий ученый-агрохимик, автор более 1100 публикаций. Под его руководством защищено 9 докторских, 32 кандидатских и 12 магистерских диссертаций. За большой вклад в науку и укрепление дружбы между народами он удостоен диплома и золотой медали Европейской научно-промышленной палаты Diploma in merito и международного фонда «Rotary international». Ему присуждена ученая степень доктора наук в области агрохимии и физиологии растений Оксфордской образовательной сети. В 2021 г., в год науки и технологий, Асхад Хазретович награжден дипломом Всероссийского конкурса «Золотые Имена Высшей Школы» в номинации «За вклад в науку и высшее образование».

Уважаемый Асхад Хазретович, примите наши искренние поздравления и пожелания крепкого здоровья, продуктивных идей, оптимизма, благополучия, успехов в дальнейшей научной деятельности на благо нашей страны и родной Кубани! С юбилеем!!!

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 источников 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, пр. 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 literature sources (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, Lenin Avenue, 1v, e-mail: kbgau.rio@mail.ru**
Contact phone: **+7(8662) 40-59-39**

Редактор – *Герандокова В. З.*
Технический редактор – *Казаков В. Ю.*
Перевод – *Гоова Ф. И.*
Верстка – *Рулёва И. В.*

ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. В.М. КОКОВА

ISSN 2411-3492 22001
9 772411 349009 >

Подписано в печать 21.03.2022 г. Дата выхода в свет 30.03.2022 г.
Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Формат 60×84 $^{1}/_{8}$.
Бумага офсетная. Усл.п.л. 17,2. Тираж 1000.
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