

Перспективы использования элементов вермикультуры в качестве биоорганического компонента кормосмесей для сельскохозяйственных животных и птиц (обзор)

А. А. Коровин[✉], В. В. Голембовский

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия

[✉]E-mail: abv20korovin@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – сбор и анализ литературных данных об использовании биомассы дождевых червей семейства Lumbricidae и вермикомпоста, полученных на основе применения вермитехнологии переработки побочных продуктов животноводства, в кормопроизводстве и получении товарной экологически безопасной продукции животноводства, птицеводства и рыбоводства. Задачи: 1) проанализировать результаты исследований по использованию дождевых червей семейства Lumbricidae в кормопроизводстве, освещенных в отечественной и зарубежной литературе; 2) исследовать проблемы задержки широкого внедрения вермитехнологий для получения кормовых добавок; 3) оценить перспективы внедрения вермитехнологий в производство кормовых добавок. **Материалы и методы исследования.** Применялись аналитические методы изучения и обработки информации из отечественных и зарубежных интернет-ресурсов (РИНЦ, ScienceDirect Google Scholar). **Результаты.** Стремительный рост народонаселения требует кратного повышения производства пищевых продуктов с высоким содержанием животного белка. Истощение ресурсов для выработки кормового протеина, рост цен на мясо-костную и рыбную муку, требуют разработки и скорейшего внедрения новых экономически привлекательных и экологически благоприятных технологий производства кормовых добавок. Использование технологии вермикультуры позволяет не только увеличить производство кормовой и пищевой продукции при снижении ее себестоимости, но также существенно снизить токсическое воздействие сельскохозяйственных отходов на состояние окружающей среды. **Научная новизна** заключается в системном анализе эмпирических литературных данных использования нативной биомассы червей семейства Lumbricidae и вермикомпоста для совершенствования рациона сельскохозяйственных животных в части органических и минеральных компонентов. Предложено в качестве кормовой добавки использовать совместно дождевых червей семейства Lumbricidae и выработанного ими вермикомпоста.

Ключевые слова: кормовые добавки в животноводстве, дождевые черви семейства Lumbricidae, вермикультура, белок, питательные вещества

Для цитирования: Коровин А. А., Голембовский В. В. Перспективы использования элементов вермикультуры в качестве биоорганического компонента кормосмесей для сельскохозяйственных животных и птиц (обзор) // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1222–1234. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1222-1234>.

Дата поступления статьи: 16.10.2024, **дата рецензирования:** 26.04.2025, **дата принятия:** 27.05.2025.

Prospects for the use of vermiculture elements as a bioorganic component of feed mixtures for farm animals and poultry (review)

A. A. Korovin✉, V. V. Golembovskiy

North Caucasus Federal Agrarian Research Center, Mikhaylovsk, Stavropol Krai, Russia

✉E-mail: abv20korovin@yandex.ru

Abstract. The purpose of the study is to collect and analyse literature data on the use of earthworm biomass of the family Lumbricidae and vermicompost, obtained on the basis of vermitechhnologies processing of animal by-products, in fodder production and obtaining marketable environmentally safe products of livestock, poultry and fish farming. Objectives: 1) to analyse the results of research on the use of earthworms of the family Lumbricidae in fodder production, covered in domestic and foreign literature; 2) to investigate the problems of delaying the widespread introduction of vermitechhnologies for the production of fodder additives; 3) to assess the prospects for the introduction of vermitechhnologies in the production of fodder additives. **Materials and methods of research.** Analytical methods of studying and processing information from domestic and foreign Internet resources (RSCI, ScienceDirect Google Scholar). **Results.** Rapid population growth requires a multiple increase in the production of food products with a high content of animal protein. Depletion of resources for fodder protein production, rising prices for meat-bone and fish meal require the development and rapid introduction of new economically attractive and environmentally favourable technologies of fodder additives production. The use of vermiculture technology allows not only to increase the production of fodder and food products while reducing its cost, but also significantly reduce the toxic impact of agricultural waste on the environment. **Scientific novelty** consists in the system analysis of empirical literature data on the use of native biomass of earthworms of the family Lumbricidae and vermicompost to improve the diet of farm animals in terms of organic and mineral components. It is proposed to use earthworms of the family Lumbricidae and vermicompost produced by them as a feed additive.

Keywords: feed additives in animal husbandry, earthworms of the family Lumbricidae, vermiculture, protein, nutrients

For citation: Korovin A. A., Golembovskiy V. V. Prospects for the use of vermiculture elements as a bioorganic component of fodder mixtures for farm animals and birds (review). *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1222–1234. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1222-1234>. (In Russ.)

Date of paper submission: 16.10.2024, **date of review:** 26.04.2025, **date of acceptance:** 27.05.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

На рубеже XX–XXI веков в связи с неуклонным ростом и миграцией народонаселения на фоне неблагоприятных климатических изменений и все возрастающей техногенной нагрузки резко обострилась проблема удовлетворения потребностей в продуктах питания, прежде всего животного происхождения [1–3].

Продовольственная безопасность по праву считается важным разделом государственной политики и лежит в основе национальных продовольственных систем, призванных обеспечить население сбалансированной в части нутриентов и финансово доступной пищей. При этом в ходе ее достижения в зависимости от объективных и субъективных причин развития природы и общества происходит смена приоритетов развития и механизмов реализации аграрной политики. В основе усилий Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) лежит

достижение всеобщей продовольственной безопасности, а именно создание условий, в которых каждый человек был бы обеспечен высококачественным питанием, необходимым для ведения активного и здорового образа жизни. Для этого необходимо сбалансированное развитие растениеводства, животноводства, других заинтересованных отраслей агропромышленного комплекса.

Животноводство, птицеводство и рыбоводство обеспечивает население мясо-молочными и другими продуктами (яйцами, жирами и т. д.), составляющими в рационе питания людей по калорийности около 30 %, а по содержанию белка – 60 %, а также сырьем для легкой промышленности [4; 5].

Одной из задач пищевой промышленности является насыщение рынка высококачественной экологически чистой продукцией, отличающейся органико-минеральной сбалансированностью. Однако для ее достижения необходимо постоянно совершенствовать и внедрять высокоэффективные техноло-

гии, направленные на прирост живой массы, выживаемости, плодовитости сельскохозяйственных животных, птиц и аквакультуры [6–8].

При этом особое внимание уделяется биологической ценности пищевого рациона, т. к. качественные и количественные характеристики белка животного происхождения напрямую влияют на структуру и функционирование органов и систем человеческого организма. Энергетическая составляющая может восполняться углеводами и жирами растительного происхождения [9; 10].

Однако в последнее время все более отчетливо проявляются признаки будущей стагнации животноводческих отраслей. При этом общий потенциал сельскохозяйственных предприятий в отношении выработки животного белка в связи с неблагоприятными геоклиматическими условиями и прогрессирующей антропогенной нагрузкой существенно снижаются. Ставка, сделанная на растительные белки как более экономически выгодные в качестве альтернативы белкам животного происхождения, в полной мере себя не оправдала [11–13].

Причины очевидны и кроются в низком содержании или полном отсутствии незаменимых аминокислот, низкой пищевой ценности и функциональности растительных белков (растворимость, эмульгирование и гелеобразование, пенообразование) для человека, эволюционно нацеленного на преимущественное потребление белка животного происхождения, особенно в детстве и юношестве [14].

Для повышения производительности сельскохозяйственных предприятий различной мощности, занятых разведением крупного и мелкого рогатого скота, свиней, птиц и аквакультуры, требуются витаминные и питательные кормовые добавки [15–17].

Интеграция России в мировую экономику в конце XX – начале XXI веков сопровождалась активной перестройкой технологических, межхозяйственных и экономических процессов, которые не обошли стороной и агропромышленный комплекс. На российский рынок хлынул поток кормовых добавок иностранного производства, что привело к банкротству многих отечественных производителей. Введение экономических санкций против России, которое сопровождается резким сокращением поставок белковых кормовых добавок для животноводства и, как следствие, ростом цен на внутреннем рынке, вынуждает в экстренном порядке разрабатывать и внедрять новые технологии. Сложное социально-экономическое положение в стране требует, чтобы данные технологии были просты, экономически эффективны и экологически благоприятны для состояния окружающей среды и здоровья населения. Поэтому сегодня крайне важно использовать все имеющиеся в резерве ресурсы, чтобы

выиграть время для разработки новых технологий в кормопроизводстве для замещения белковых добавок иностранных производителей.

Использование современных биотехнологий в повышении продуктивности сельскохозяйственных животных связывается прежде всего с увеличением содержания полноценного животного белка в кормовой базе [18; 19]. Продуктивность животных на 60 % зависит от качества кормов. Удовлетворение потребности животных в питательных веществах, витаминах, макро- и микроэлементах, биологически активных веществах, которые поставляются в организм вместе с основными кормами и кормовыми добавками, оказывает значительное влияние на рост, развитие сельскохозяйственных животных, их воспроизводительные способности, а также качество получаемой продукции [20; 21]. При этом также достигается и социально-экономический эффект [22].

В то же время баланс показателей «рентабельность» и «качество продукции» является одним из важных факторов развития производства в условиях конкурентной экономики. Обеспечение животных сбалансированными по количеству нутриентов и свариваемости кормами является одним из решающих условий [23].

В свою очередь, уровень рентабельности животноводства зависит от затрат на содержание животных, заготовку, приготовление, хранение и рациональное использование кормов, на производство которых приходится более 60 % всей пашни и 75 % времени, энергии и затрат в растениеводстве. В долевой структуре себестоимости конечной продукции корма занимают 50–55 % в молочном скотоводстве и 65–70 % в свиноводстве.

Использование так называемых нетрадиционных кормов, получаемых из альтернативных источников белка, признано одним из путей укрепления кормовой базы животноводства. Это особенно важно, так как комбикормовая промышленность испытывает все возрастающий дефицит источников протеина, особенно животного происхождения.

Цель исследования – сбор и анализ литературных данных о технологиях получения нетрадиционных источников белков, биологически активных веществ и минералов в системе откорма сельскохозяйственных животных, птиц и рыб для получения экологически безопасной пищевой продукции.

Методология и методы исследования (Methods)

Поиск и анализ литературы проводились с использованием интернет-ресурсов РИНЦ (<https://www.elibrary.ru>), ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com>), Google Scholar (<https://scholar.google.ru/schhp?hl=ru>). При этом для анализа использовались монографии и статьи (обзорные и оригинальные), в которых приводились сведения по изучению червей семейства Lumbricidae, их хи-

мического состава, продуктов жизнедеятельности и переработки, а также результаты и перспективы использования продуктов вермикомпостирования (биомасса червей и вермикомпост) в технологиях кормопроизводства для сельскохозяйственных животных, птиц и рыб.

Результаты (Results)

Научные сообщества всего мира находятся в поиске простых, экономически выгодных и экологически безопасных технологий, способных обеспечить взрывной рост объемов животного белка. Технология вермикюльтуры сочетает в себе все эти достоинства и качества одновременно [24; 25].

Комбикорма являются наиболее общими видами кормов для сельскохозяйственных животных, к основным компонентам которых можно отнести зерно злаков и продукты его переработки. Злаки богаты углеводами, но содержат сравнительно мало белка, вследствие чего не обеспечивают в полной мере потребности животных в ряде незаменимых аминокислот [26–28].

В исследованиях отечественных и зарубежных ученых отмечено, что наиболее благоприятный баланс соблюдается, если в общем объеме кормового белка 90 % приходится на растительный белок и 10 % – на животный. При этом именно животный белок определяет эффективность использования растительного белка, т. е. сотен миллионов тонн кормов, в том числе многих десятков миллионов тонн зерна злаков, отнесенных к наиболее ценным продовольственным культурам [29–32].

Одним из путей укрепления кормовой базы животноводства является использование так называемых нетрадиционных кормов, получаемых из других альтернативных источников белка.

Дождевые черви семейства Lumbricidae в зависимости от геоклиматических и почвенно-географических условий составляют от 1/2 до 3/4 биомассы обитающих в почве беспозвоночных, быстро растут и становятся половозрелыми, а содержащийся в них белок по составу соответствует таковому животного и растительного происхождения. Дождевые черви семейства Lumbricidae имеют питательное и диетическое мясо, содержащее комплекс незаменимых аминокислот и низкий процент жира. Биологически активные вещества дождевых червей традиционно используются в фармацевтике [33; 34].

В теле дождевых червей семейства Lumbricidae, обитающих в естественных условиях, содержание воды колеблется от 80 до 87 % [35]. В зависимости от вида и содержимого кишечника нутрициологическая карта сухого вещества тела червя представлена следующими составляющими: 67–72 % белков, 7–19 % жиров, 18–20 % углеводов, 2–3 % минеральных веществ [36; 37]; биохимическая: протеинов – 56 %, липидов и пептидов – по 10 %; другими веществами (нуклеотиды, полисахариды, ферменты, микроэлементы) – 24 % [38–40].

Таким образом, есть реальная возможность получения поликомпонентных кормовых добавок.

Таблица 1
Характеристика некоторых видов белковой кормовой муки [42]

Компоненты, %	Мука				Сухие пивные дрожжи
	из дождевого червя	мясная	рыбная	из соевого шрота	
Сухое вещество	92,9	92,0	92,0	89,0	93,0
Зола	4,8	21,4	19,6	5,8	6,4
Сырой жир	9,0	8,1	7,7	0,9	1,1
Безазотистые экстрактивные вещества	3,0	2,0	1,0	6,0	3,0
Протеин Nx6,25	61,3	59,8	61,3	45,8	44,6
Кальций	0,51	5,94	5,49	0,32	0,13
Фосфор	0,77	3,17	2,81	0,67	1,43

Table 1
Characteristics of some types of protein feed meal [42]

Components, %	Flour				Dry brewer's yeast
	from an earthworm	meat	fish	soybean meal	
Dry matter	92.9	92.0	92.0	89.0	93.0
Ash	4.8	21.4	19.6	5.8	6.4
Crude fat	9.0	8.1	7.7	0.9	1.1
Nitrogen-free extractive matter	3.0	2.0	1.0	6.0	3.0
Protein Nx6.25	61.3	59.8	61.3	45.8	44.6
Calcium	0.51	5.94	5.49	0.32	0.13
Phosphorus	0.77	3.17	2.81	0.67	1.43

Таблица 2
Содержание аминокислот в кормовых продуктах животного происхождения
(масс. % в пересчете на воздушно-сухое вещество) [43]

Наименование аминокислоты	Мясо-костная мука	Кормовая смесь (мука) из культивируемых червей (<i>Eisenia fetida</i> , <i>Dendrobena Veneta</i>)	Рыбная мука
Незаменимые			
Изолейцин	1,518	2,484	3,349
Лейцин	2,123	4,169	4,936
Лизин	1,411	3,724	5,552
Метионин	0,539	1,250	2,368
Треонин	1,287	2,731	3,061
Заменимые			
Аланин	1,705	2,949	3,855
Аргинин	2,122	3,777	4,292
Аспарагиновая кислота	2,862	5,281	7,072
Гистидин	1,308	1,903	2,541
Глицин	2,054	2,713	3,415
Глутаминовая кислота	3,864	8,043	8,983
Пролин	2,142	2,177	3,228
Серин	1,4852	2,670	2,702
Тирозин	0,680	1,886	2,000
Цистин	0,469	0,899	0,841
Фениланин	1,346	2,164	2,587

Table 2
The content of amino acids in animal feed products, calculated from the mass of air-dry matter, % [43]

Amino acid names	Meat-bone meal	Feed mixture (flour) from farmed worms (<i>Eisenia fetida</i> , <i>Dendrobena Veneta</i>)	Fish meal
Indispensable			
Isoleucine	1.518	2.484	3.349
Leucine	2.123	4.169	4.936
Lysine	1.411	3.724	5.552
Methionine	0.539	1.250	2.368
Threonine	1.287	2.731	3.061
Substitutable			
Alanine	1.705	2.949	3.855
Arginine	2.122	3.777	4.292
Asparagic acid	2.862	5.281	7.072
Histidine	1.308	1.903	2.541
Glycine	2.054	2.713	3.415
Glutamic acid	3.864	8.043	8.983
Proline	2.142	2.177	3.228
Serine	1.4852	2.670	2.702
Tyrosine	0.680	1.886	2.000
Cystine	0.469	0.899	0.841
Phenylalanine	1.346	2.164	2.587

Интерес к дождевым червям семейства Lumbricidae как к объекту культивирования значительно возрос вследствие резкого подорожания мясо-костной и рыбной муки в связи с возможностью их использования в качестве источника полноценного белка при производстве кормовых добавок для удовлетворения потребностей продуктивного животноводства и рыбоводства [41].

Мука из биомассы дождевых червей является более дешевой и доступной в сравнении с традиционными видами кормовой муки, а по содержанию основных питательных компонентов не уступает им, а нередко их превосходит (таблица 1).

По содержанию незаменимых аминокислот кормовая мука из биомассы дождевых червей не уступает традиционным видам белковых добавок (таблица 2).

Кроме того, она богата длинноцепочечными жирными кислотами, минеральными веществами, рядом витаминов и никотиновой кислотой [44].

Дождевые черви семейства Lumbricidae – это один из возможных альтернативных источников белка, который может быть использован в пищу [45].

Полученный из червей белок показал высокую эффективность при кормлении всех видов животных, птиц, рыб как в сыром, так и в переработанном виде [46]. Искусственно разводимые дождевые черви семейства Lumbricidae в своей биомассе отличаются повышенным содержанием протеина в сравнении со своими дикими сородичами, обитающими в естественной среде. Это обусловлено возможностью их питания кормами с более высоким содержанием органических веществ, богатых протеином.

Использование дождевых червей семейства Lumbricidae в качестве корма снижает уровень заболеваемости у животных, повышаются надой молока у крупного рогатого скота, а главные продукты – мясо и молоко – приобретают высокие потребительские качества [47].

После добавления вермимуки в рацион питания кур, крупного рогатого скота и рыб производственные показатели (выход яиц, набор веса, удои) вырастают на 20 % и более, а у пушных зверей повышается качество меха [48].

Отдельно хочется отметить работы, в которых отражено положительное влияние на жизнедеятельность и морфо-физиологические характеристики сельскохозяйственных животных и птиц верхового и низового торфа [49–51] и выработанных на его основе вермикомпоста и гуматов [52–55]. Проведенные исследования показали, что вермикомпост не содержит энтерококков, сальмонелл, личинок и яиц гельминтов и цист кишечных простейших и вместе с тем богат органическими веществами, макро- и микроэлементами, хорошо усваиваемыми животными и растениями. Антисептические свойства копролитов червей обусловлены высоким содержанием ферментов и биологически активных веществ. Таким образом, применение вермитехнологий не только способствует утилизации побочных продуктов животноводства, что оказывает благоприятное воздействие на состояние окружающей среды, но и позволяет использовать органосодержащие отходы сельского хозяйства в качестве сырья для выработки ценных органоминеральных удобрений, использование которых будет способствовать восстановлению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

Скармливание кормовой добавки на основе торфа на фоне традиционных рационов оказывало положительное влияние на продуктивность и состояние здоровья животных. Было отмечено, что

входящие в ее состав гуминовые кислоты в сложной комбинации с фульвой кислотой и другими органическими соединениями благоприятствовали росту полезных бактерий в кишечнике животных, что, в свою очередь, приводило к улучшению пищеварения, устойчивости к инфекциям и стрессовым факторам. Как следствие, снизилась заболеваемость и зависимость от традиционных ветеринарных методов лечения. При этом количество потребляемых комбикормов животными оставалось стандартным, а стоимость снижалась на 5–20 % за счет как включения более дешевой кормовой добавки, так и уменьшения количества традиционных компонентов кормов, прежде всего зерновых и зернобобовых, что приносило дополнительную прибыль. При этом среднесуточный прирост животных и качество получаемой продукции были выше, чем при традиционном кормлении.

Добавление в рацион домашней птицы, свиней и рыбы массы червей вместе с субстратом, состоящим из растительных остатков с добавлением навоза, позволило заменять рыбную муку [56; 57].

Однако существующие в настоящее время технологии получения муки из биомассы червей достаточно трудоемки, требуют последовательного выполнения различных технологических операций, основными из которых являются отмывание от субстрата, измельчение в гомогенную массу, сушка, термообработка или иной способ стерилизации высушенного продукта, упаковка в специализированную тару.

При этом производственные процессы на каждом этапе технологической цепочки изготовления вермимуки приводят к значительному снижению ее питательной ценности. Так, во время термической обработки и хранения происходят денатурация белков, окисление жиров и разрушение витаминов и биологически активных веществ.

Также предлагаемые различные технологические приемы обезвоживания вермимуки с использованием физических методов, таких как механическое ворошение (перемешивание), прессование, аэрация горячим воздухом, использование СВЧ- и инфракрасного излучения, вакуумная и лиофильная сушка, либо достаточно энерго- и трудоемки, либо требуют приобретения дорогостоящего оборудования, что не по силам не только мелкому, но и среднему сельхозпроизводителю.

Кроме того, на этапах производства вермимуки, прежде всего во время гомогенизации биомассы дождевых червей различными способами (путем перемалывания, измельчения гильотинным способом и т. д.), возможно ее инфицирование патогенной микрофлорой, т. к. белково-липидо-полисахаридный комплекс является прекрасной питательной средой. При этом далеко не все виды последующей обработки способны нивелировать привнесенное извне

патогенное воздействие, прежде всего токсическое, что автоматически исключает использование полученного продукта в качестве кормовой добавки.

Вместе с тем новым мощным источником полноценного животного белка для балансирования кормовых рационов животных могут служить дождевые черви семейства Lumbricidae, культивируемые непосредственно у животноводческих комплексов и птицефабрик, которые способны дать от 70 до 100 кг живых червей с тонны сухой органики на основе свиного, коровьего навоза или птичьего помета [58].

Червей семейства Lumbricidae можно успешно скармливать свиньям, курам, прудовой рыбе, крупному рогатому скоту как в сыром, так и в обработанном виде в количествах, удовлетворяющих их потребность в белках. Мясо животных при этом приобретает высокие товарные свойства [59; 60].

В настоящее время согласно рекомендованным технологиям кормление червями семейства Lumbricidae осуществляется для крупного рогатого скота в виде вермикуки; для свиней – гомогенизированной вермипулпы; птицам и рыбам червей скармливают сырыми.

Возникает вопрос, почему вермитехнологии до настоящего времени, несмотря на подтвержденную в условиях экспериментов высокую эффективность и рентабельность, не получили широкого применения в агропроизводстве.

Основная причина в том, что на каждом этапе переработки вермикультуры возрастает себестоимость конечного продукта. При этом сельскохозяйственные животные и птицы способны потреблять биомассу червей семейства Lumbricidae, в том числе с вермикомпостом, непосредственно. Как показали многочисленные исследования, соотношение

в кормовой добавке биомассы червей должно соответствовать не только видовой принадлежности, но и возрасту животных и птиц.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, анализируя данные источников литературы, можно сделать вывод о возможности широкого применения червей семейства Lumbricidae, субстрата их проживания и выработанного вермикомпоста в качестве кормовой добавки в корм для сельскохозяйственных животных, птиц, прудовых рыб. При этом белок, полученный из червей семейства Lumbricidae, может быть применен как в сыром, так и в переработанном виде. Результатом использования предлагаемых кормовых добавок является повышение объемов и качества как готовой товарной продукции, так и сырья для пищевой и легкой промышленности.

Выращивание биомассы червей семейства Lumbricidae является перспективным способом получения незаменимого для организмов сельскохозяйственных животных вещества – белка, который можно использовать для получения белково-витаминных кормовых добавок в животноводстве и птицеводстве.

При правильно подобранном сырье, являющемся одновременно источником питательных веществ и средой обитания для выращивания червей семейства Lumbricidae, соблюдении комплекса условий культивирования (влажность, температура, освещение и т. д.), можно за короткий промежуток времени получить достаточное количество конечного продукта.

Учитывая вышеизложенное, можно констатировать, что животноводство располагает безотходной технологией и может стать экологически чистым и экономически выгодным производством.

Библиографический список

1. Жолдакова З. И., Рахманов Р. С., Богомолова Е. С., Хайров Р. Ш., Олюшина Е. А. Роль сбалансированного питания в метаболизме пищевых веществ // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100, № 4. С. 333–338. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-4-333-338.
2. Elbasiouny H., El-Ramady H., Elbehiry F., Rajput V. D., Minkina T., Mandzhieva S. Plant nutrition under climate change and soil carbon sequestration // Sustainability. 2022. Vol. 14, No. 2. Article number 914. DOI: 10.3390/su14020914.
3. Елисеева Л. Г., Махотина И. А. Диверсификация рынка растительных белковых препаратов для повышения качества продуктов для здорового питания // Траектории технологического развития. 2023. Т. 2. № 1 (5). С. 62–71. DOI: 10.21686/2782-3555 -2023-1-62-71.
4. Косолапов В. М., Чернявских В. И. Кормопроизводство: состояние, проблемы и роль ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» в их решении // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 4. С. 5–14. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_5.
5. Королев А. А., Урубков С. А., Коптяева И. С., Корнева Л. Я. Зерно бобовых растений. Общая характеристика и применение в технологии пищевого концентрата // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 35–39. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.007.
6. Рассказова Н. Т., Вострикова Е. А. Эффективность применения биологически активных веществ в кормлении молодняка кроликов в Приморском крае // Аграрный вестник Приморья. 2020. № 1 (17). С. 23–26.

7. Котарев А. В., Котарева А. О., Василенко И. Н., Шайкин Д. В. Современное состояние и условия устойчивого развития сферы молочного скотоводства в России // Аграрный вестник Урала. 2022. Спецвыпуск «Экономика». С. 31–41. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-31-41.
8. Рождественская Л. Н., Чугунова О. В. Технические решения для эффективного использования продовольственных ресурсов в технологии пищевых систем // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2023. Т. 11, № 4. С. 6–18. DOI: 10.14529/food230401.
9. De Romana D. L., Greig A., Thompson A., Arabi M. Successful delivery of nutrition programs and the sustainable development goals // Current Opinion in Biotechnology. 2021. Vol. 70. Pp. 97–107. DOI: 10.1016/j.copbio.2021.03.004.
10. Bychkova E., Rozhdestvenskaya L., Podgorbunskikh E., Kudachyova P. The problems and prospects of developing food products from high-protein raw materials // Food Bioscience. 2023. Vol. 56. Article number 103286. DOI: 10.1016/j.fbio.2023.103286.
11. Леднев А. В., Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С., Файзуллин Р. А. Анализ состояния и перспективы развития кормопроизводства в Удмуртской Республике // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05 (234). С. 26–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-26-35.
12. Sinurat A. P., Pasaribu T., Purwadaria T., Haryati T., Wina E., Wardhani T. Biological evaluation of some plant bioactives as feed additives to replace antibiotic growth promoters in broiler feeds // Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner. 2020. Vol. 25, No. 2. Pp. 81–90. DOI: 10.14334/jitv.v25i2.2501.
13. Neliton K., Hoch G. C., Altermann O. D. C., Rosa F. Fermentative profile and nutritional value of olive bagasse silage with feed additives // Bioscience Journal. 2020. Vol. 36, No. 1. Pp. 191–202. DOI: 10.14393/BJ-v36n1a2020-41792.
14. Garcia-Iborra M., Castanys-Munoz E., Oliveros E., Ramirez M. Optimal protein intake in healthy children and adolescents: evaluating current evidence // Nutrients. 2023. Vol. 15, No. 7. Article number 1683. DOI: 10.3390/nu15071683.
15. Parolini M., Ganzaroli A., Bacenetti J. Earthworm as an alternative protein source in poultry and fish farming: current applications and future perspectives // Science of the Total Environment. 2020. Vol. 734. Pp. 139–460. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139460.
16. Малышева К. О., Кашина Т. А., Шутова А. А., Солодников С. Ю., Литвинов В. В., Мехоношина О. О. Изучение острой и хронической токсичности кормовой добавки на основе вермикультуры // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24, № 1. С. 114–124. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.114-124.
17. Малышева К. О., Зыкова С. С., Солодников С. Ю., Кашина Т. А., Конрад Н. Г. Биологическая активность кормовой добавки Вермин // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2024. Т. 258, № 2. С. 109–113. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_2_258_109.
18. Gunya B., Julius M. P. Eisenia fetida worm as an alternative source of protein for poultry: a review // International Journal of Tropical Insect Science. 2021. Vol. 42, No. 1. DOI: 10.1007/s42690-021-00531-6.
19. Dharmayudha A. A. G. O., Ardana I. B. K., Budiasa K., Merdana I. M., Gunawan I. W. N. F. Soil worms (*Lumbricus rubellus*) as feed additives for piglets' growth, blood profile and immunomodulators // Bali Medical Journal. 2022. Vol. 11, No. 1. Pp. 250–255. DOI: 10.15562/bmj.v11i1.3190.
20. Леонов И. И., Головачева Н. А., Селиванова И. Р., Хорева Т. И. Влияние скармливания белковой кормовой добавки из муки *Eisenia fetida* на некоторые продуктивные показатели кроликов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4. С. 141–148.
21. Семеко Г. В. Мировой продовольственный рынок: современные вызовы и перспективы // Экономические и социальные проблемы России. 2023. № 1. С. 19–43. DOI: 10.31249/espr/2023.01.01.
22. Горшков В. В., Щетинина Е. М. Линейная принадлежность коров как базовый фактор формирования качества молока-сырья // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 108–118. DOI: 10.33284/2658-3135-107-3-108.
23. Singh N., Gupta R., Awasthi A., Kumar V. Feeding balanced ration for improving dairy cattle productivity: a review // Journal of Biology and Nature. 2024. Vol. 16, No. 1. Pp. 26–31. DOI: 10.56557/JOBAN/2024/v16i18625.
24. Смирнова В. Р., Кокурин Д. И., Чернявский С. В., Ветчинников Д. В. Ресурсосбережение как основа формирования инновационной инфраструктуры России // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2022. № 60. С. 302–314. DOI: 10.17223/19988648/60/18.
25. Куликова Е. Г., Здоровьева Е. В., Перунова Е. В., Токарева Е. В., Алфимова Н. П. Влияние сухого гомогената дождевых червей на физиолого-биохимический статус лабораторных животных // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2021. Т. 247, № 3. С. 102–107. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-247-3-102-107.
26. Yessenbayeva Zh. Zh., Sainova G. A., Akbasova A. D. Studying the influence of the vermi feed additive on domestic birds (laying hens) // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2022. No. 4-1 (115). Pp. 224–231. DOI: 10.51452/kazatu.2022.4.1243.

27. Kaur T. Vermicomposting: An effective option for recycling organic wastes // *Organic Agriculture*. 2020. DOI: 10.5772/intechopen.91892.
28. Зими́на Д. А., Чачина С. Б. Дождевые черви как альтернативный источник белка // *Химия. Экология. Урбанистика*. 2022. Т. 2. С. 61–64.
29. Поддубная И. В., Руднева О. Н., Гуркина О. А., Тарасов П. С., Орленко Е. В. Технология приготовления вермимуки из компостного червя для кормления объектов аквакультуры // *Аграрная Россия*. 2023. № 11. С. 45–48. DOI: 10.30906/1999-5636-2023-11-45-48.
30. Byambas P., Hornick J. L., Marlier D., Francis F., Eyvaz M. Vermiculture in animal farming: a review on the biological and nonbiological risks related to earthworms in animal feed // *Cogent Environmental Science*. 2019. Vol. 5, No. 1. DOI: 10.1080/23311843.2019.1591328.
31. Han F., Moughan P. J., Li J., Stroebinger N., Pang S. The complementarity of amino acids in cooked pulse/cereal blends and effects on DIAAS // *Plants*. 2021. Vol. 10, No. 10. Pp. 1999–2019. DOI: 10.3390/plants10101999.
32. Tomićić Z. M., Pezo L. L., Spasevski N. J., Lazarević J. M., Čabarkapa I. S., Tomićić R. M. Diversity of amino acids composition in cereals // *Food and Feed Research*. 2022. Vol. 49, No. 1. Pp. 11–22. DOI: 10.5937/ffr49-34322.
33. Edwards C. A., Arancon N. Q. The role of earthworms in organic matter and nutrient cycles // *Biology and Ecology of Earthworms*. Springer US, New York. 2022. Pp. 233–274. DOI: 10.1007/978-0-387-74943-3.
34. Поддубная И. В., Руднева О. Н., Гуркина О. А., Тарасов П. С., Орленко Е. В. Разработка кормовых добавок для промышленного рыбоводства: монография. Саратов: Саратовский источник, 2024. 110 с.
35. Вершинина И. А., Лебедев С. В. Исследование ответных реакций червей *Eisenia fetida* при внесении в среду обитания наночастиц меди и цинка // *Вестник Нижневартковского государственного университета*. 2022. № 1 (57). С. 45–54. DOI: 10.36906/2311-4444/22-1/05.
36. Смоленцев В. Б., Яровикова Т. А., Исляев В. И. Использование биомассы технологического червя *Eisenia fetida* (Sav.1826) в качестве оригинальных лечебных средств в ветеринарии // *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Йошкар-Ола, 2022. С. 162–164.*
37. Garczyńska M., Kostecka J., Pączka G., Mazur-Pączka A., Cebulak T., Butt K. R. Chemical composition of earthworm (*Dendrobaena veneta* Rosa) biomass is suitable as an alternative protein source // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023. No. 20 (4). Article number 3108. DOI: 10.3390/ijerph20043108.
38. Kostecka J., Garczyńska M., Pączka G., Mazur-Pączka A. Chemical composition of earthworm (*Eisenia fetida* Sav.). Biomass and selected determinants for its production // *Journal of Ecological Engineering*. 2022. Vol. 23, No. 7. Pp. 169–179. DOI: 10.12911/22998993/149940.
39. Kavle R. R., Nolan P. J., Carne A., Agyei D., Morton J. D., Bekhit A. E.-D. A. Earth worming – an evaluation of earthworm (*Eisenia andrei*) as an alternative food source // *Foods*. 2023. Vol. 12, No. 10. Article number 1948. DOI: 10.3390/foods12101948.
40. Ahmad A., Aslam Z., Bellitürk K., Ullah E., Raza A., Asif M. Vermicomposting by bio-recycling of animal and plant waste: a review on the miracle of nature // *Journal of Innovative Sciences*. 2022. Vol. 8, No. 2. Pp. 175–187. DOI: 10.17582/journal.jis/2022/8.2.175.187.
41. Zhou C., Wang Y. Recent progress in the conversion of biomass wastes into functional materials for value-added applications // *Science and Technology of Advanced Materials*. 2020. Vol. 21, No. 1. Pp. 787–804. DOI: 10.1080/14686996.2020.1848213.
42. Дубровин А. В., Харатьян Г. А., Гусев В. А., Голубев А. В. Перспективная ресурсосберегающая технология собственного производства экономичного комбикорма в хозяйствах // *Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Минск, 2012. Т. 2. С. 116–122.*
43. Бугаев О. Г., Леонов И. И., Климов В. А., Хатунцов Д. С., Пономарев А. К. Технология изготовления белковых кормовых смесей для гидробионтов на основе культивируемых червей *Eisenia fetida* и *Dendrobaena veneta* с применением технологии лиофильной сушки // *Рыбное хозяйство*. 2022. № 4. С. 65–70.
44. Зими́на Д. А., Чачина С. Б. Получение возобновляемого источника белка из вермикюльтуры // *Химия. Экология. Урбанистика*. 2023. Т. 1. С. 288–291.
45. Musyoka S. N., Liti D. M., Ogello E., Waidbacher H. Utilization of the earthworm, *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) as an alternative protein source in fish feeds processing: A review // *Aquaculture Research*. 2019. Vol. 50, No. 9. Pp. 2301–2315. DOI: 10.1111/are.14091.
46. Antonova E., Titov I., Pashkova I., Stom D. Vermiculture as a source of animal protein // *International scientific and practical conference “Fundamental and applied research in biology and agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations. FARBA. 2021”*. Orel, 2021. Vol. 254. Article number 08006. DOI: 10.1051/e3sconf/202125408006.

47. Кароматов И. Д. Дождевые черви как перспективное лекарственное средство // Биология и интегративная медицина. 2022. № 6 (59). С. 104–131.
48. Курбанова Г. В., Есенбаева Ж. Ж. Роль вермикормовых добавок в экологизации животноводства // Наука, техника и образование. 2020. № 6 (70). С. 10–13.
49. Радчиков В. Ф., Цай В. П., Кот А. Н., Пилюк С. Н., Джумкова М. В., Малявко И. В., Убушаев Б. С. Возможность использования верхового торфа в кормлении молодняка крупного рогатого скота // Селекционно-генетические и технологические аспекты инновационного развития животноводства: сборник научных работ Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию со дня рождения профессора Лебедько Е. Я. Брянск, 2023. С. 306–313.
50. Малышев П. А. Применение смесей из торфа и сапропеля в животноводстве и растениеводстве // Аграрный научный журнал. 2024. № 5. С. 105–111. DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp105-111.
51. Олива Т. В., Колесниченко Е. Ю., Панин С. И., Андреева Н. В. Экологические аспекты производства и применения вермикомпоста // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2022. № 4 (26). С. 41–46.
52. Wei S., Li Z., Sun Y., Zhang J., Ge Y., Li Z. A comprehensive review on biomass humification: recent advances in pathways, challenges, new applications, and perspectives // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2022. Vol. 170. 112984. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112984.
53. Chashmidari Y., Esmailzadeh L., Karimi-Torshizi M. A., Seidavi A., da Silva Araujo S. C., Francelino A. L. Feed supplementation with vermi-humus and earthworm (*Eisenia foetida*) powder on broiler productivity // Italian Journal of Animal Science. 2021. Vol. 20, No. 1. Pp. 1054–1062. DOI: 10.1080/1828051X.2021.1932615.
54. Hesami Y., Esmailzadeh L., Karimi-Torshizi M. A., Seidavi A., Vlčková R. Effect of diets containing earthworm powder and vermi-humus on egg production, hatchability, blood parameters and immunity of Japanese breeder quails // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2021. Vol. 105, No. 2. Pp. 316–325. DOI: 10.1111/jpn.13453.
55. Ayilara M. S., Olanrewaju O. S., Babalola O. O., Odeyemi O. Waste management through composting: challenges and potentials // Sustainability. 2020. Vol. 12, No. 11. Article number 4456. DOI: 10.3390/su12114456.
56. Ahmad A., Aslam Z., Bellitürk K., Iqbal N., Naeem S., Idrees M., Kaleem Z., Nawaz M.Y., Nawaz M., Sajjad M., Rehman W. U. Vermicomposting methods from different wastes: an environment friendly, economically viable and socially acceptable approach for crop nutrition: a review // International Journal of Food Science and Agriculture. 2021. Vol. 5, No. 1. Pp. 58–68. DOI: 10.26855/ijfsa.2021.03.009.
57. Katakula A. A. N., Handura B., Gawanab W., Itanna F., Mupambwa H. A. Optimized vermicomposting of a goat manure-vegetable food waste mixture for enhanced nutrient release // Scientific African. 2021. Vol. 12, No. 9. Article number e00727. DOI: 10.1016/j.sciaf.2021.e00727.
58. Ahmad A., Aslam Z., Bellitürk K., Ullah E., Raza A., Asif M. Vermicomposting by bio-recycling of animal and plant waste: a review on the miracle of nature // Journal of Innovative Sciences. 2022. Vol. 8, No. 2. Pp. 175–187. DOI: 10.17582/journal.jis/2022/8.2.175.187.
59. Четвергова И. Г., Заболотных М. В. Химический состав и пищевая ценность мяса перепелов при включении в рацион кормовой добавки на основе гуминовых кислот // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (52). С. 102–106.
60. Леонов И. И., Головачева Н. А., Селиванова И. Р., Хорева Т. И. Влияние скармливания белковой кормовой добавки из муки *Eisenia fetida* на некоторые продуктивные показатели кроликов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4. С. 141–148.

Об авторах:

Андрей Анатольевич Коровин, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории промышленной технологии производства продукции животноводства, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия; ORCID 0009-0004-2565-1149, AuthorID 1130738. E-mail: abv20korovin@yandex.ru

Владимир Владимирович Голембовский, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории промышленной технологии производства продукции животноводства, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия; ORCID 0000-0003-3124-0587, AuthorID 1037177. E-mail: vv26@yandex.ru

References

1. Zholdakova Z. I., Rakhmanov R. S., Bogomolova E. S., Khayrov R. Sh., Olyushina E. A. The role of a balanced diet in the metabolism of nutrients. *Hygiene and Sanitation*. 2021; 100 (4): 333–338. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-4-333-338. (In Russ.)
2. Elbasiouny H., El-Ramady H., Elbehiry F., Rajput V. D., Minkina T., Mandzhieva S. Plant nutrition under climate change and soil carbon sequestration. *Sustainability*. 2022; 14 (2): 914. DOI: 10.3390/su14020914.

3. Eliseeva L. G., Makhotina I. A. Diversification of the vegetable protein preparations market to improve the quality of products for a healthy diet. *Trajectories Of Technological Development*. 2023; 2 (1-5): 62–71. DOI: 10.21686/2782-3555-2023-1-62-71. (In Russ.)
4. Kosolapov V. M., Chernyavskikh V. I. Fodder production: state, problems and the role of Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology in their solution. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2022; 36 (4): 5–14. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_5. (In Russ.)
5. Korolev A. A., Urubkov S. A., Koptyaeva I. S., Korneva L. Ya. Legume plant grains. general characterization and application in the technology of food concentrates. *Polzunov Bulletin*. 2020; 2: 35–39. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.007. (In Russ.)
6. Rasskazova N. T., Vostrikova E. A. Effectiveness of the use of biologically active substances in the feeding of young rabbits in Primorsky Krai. *Agrarian Bulletin of Primorye*. 2020; 1 (17): 23–26. (In Russ.)
7. Kotarev A. V., Kotareva A. O., Vasilenko I. N., Shaykin D. V. The current state and conditions of sustainable development of dairy cattle breeding in Russia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022. Special issue “Economy”. Pp. 31–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-31-41. (In Russ.)
8. Rozhdestvenskaya L. N., Chugunova O. V. Technical solutions for the effective use of food resources in food systems technology. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2023; 11 (4): 6–18. DOI: 10.14529/food230401. (In Russ.)
9. De Romana D. L., Greig A., Thompson A., Arabi M. Successful delivery of nutrition programs and the sustainable development goals. *Current Opinion in Biotechnology*. 2021; 70: 97–107. DOI: 10.1016/j.copbio.2021.03.004.
10. Bychkova E., Rozhdestvenskaya L., Podgorbunskikh E., Kudachyova P. The problems and prospects of developing food products from high-protein raw materials. *Food Bioscience*. 2023; 56: 1032860. DOI: 10.1016/j.fbio.2023.103286.
11. Lednev A. V., Kasatkina N. I., Nelyubina Zh. S., Fayzullin R. A. Analysis of the state and prospects for the development of fodder production in the Udmurt Republic. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 05 (234): 26–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-26-35. (In Russ.)
12. Sinurat A. P., Pasaribu T., Purwadaria T., Haryati T., Wina E., Wardhani T. Biological evaluation of some plant bioactives as feed additives to replace antibiotic growth promoters in broiler feeds. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 2020; 25 (2): 81–90. DOI: 10.14334/jitv.v25i2.2501.
13. Neliton K., Hoch G. C., Altermann O. D. C., Rosa F. Fermentative profile and nutritional value of olive bagasse silage with feed additives. *Bioscience Journal*. 2020; 36 (1): 191–202. DOI: 10.14393/BJ-v36n1a2020-41792.
14. Garcia-Iborra M., Castanys-Munoz E., Oliveros E., Ramirez M. Optimal protein intake in healthy children and adolescents: evaluating current evidence. *Nutrients*. 2023; 15 (7): 1683. DOI: 10.3390/nu15071683.
15. Parolini M., Ganzaroli A., Bacenetti J. Earthworm as an alternative protein source in poultry and fish farming: current applications and future perspectives. *Science of the Total Environment*. 2020; 734: 139–460. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139460.
16. Malysheva K. O., Kashina T. A., Shutova A. A., Solodnikov S. Yu., Litvinov V. V., Mekhonoshina O. O. Study of acute and chronic toxicity of feed additive based on vermiculture. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023; 24 (1): 114–124. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.114-124. (In Russ.)
17. Malysheva K. O., Zykova S. S., Solodnikov S. Yu., Kashina T. A., Konrad N. G. Biological activity of feed additive Vermin. *Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman*. 2024; 258 (2): 109–113. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_2_258_109. (In Russ.)
18. Gunya B., Julius M. P. Eisenia fetida worm as an alternative source of protein for poultry: a review. *International Journal of Tropical Insect Science*. 2021; 42 (1): 1–8. DOI: 10.1007/s42690-021-00531-6.
19. Dharmayudha A. A. G. O., Ardana I. B. K., Budiasa K., Merdana I. M., Gunawan I. W. N. F. Soil worms (*Lumbricus rubellus*) as feed additives for piglets’ growth, blood profile and immunomodulators. *Bali Medical Journal*. 2022; 11 (1): 250–255. DOI: 10.15562/bmj.v11i1.3190.
20. Leonov I. I., Golovacheva N. A., Selivanova I. R., Khoreva T. I. The effect of feeding a protein feed additive made from eisenia fetida flour on some productive indicators of rabbits. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2024; 4: 141–148. (In Russ.)
21. Semeko G. V. World food market: current challenges and prospects. *Economic and Social Problems of Russia*. 2023; 1: 19–43. DOI: 10.31249/espr/2023.01.01. (In Russ.)
22. Gorshkov V. V., Shchetinina E. M. Line of cows as a basic factor in the formation of raw milk quality. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024; 107 (3): 108–118. DOI: 10.33284/2658-3135-107-3-108. (In Russ.)
23. Singh N., Gupta R., Awasthi A., Kumar V. Feeding balanced ration for improving dairy cattle productivity: a review. *Journal of Biology and Nature*. 2024; 16 (1): 26–31. DOI: 10.56557/JOBAN/2024/v16i18625.

24. Smirnova V. R., Kokurin D. I., Chernyavskiy S. V., Vetchinnikov D. V. Resource conservation as the basis for the formation of Russia's innovation infrastructure. *Tomsk State University Journal of Economics*. 2022; 60: 302–314. DOI: 10.17223/19988648/60/18. (In Russ.)
25. Kulikova E. G., Zdrovyyeva E. V., Perunova E. V., Tokareva E. V., Alfimova N. P. Effect of dry earthworm homogenate on the physiological and biochemical status of laboratory animals. *Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman*. 2021; 247 (3): 102–107. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-247-3-102-107. (In Russ.)
26. Yessenbayeva Zh. Zh., Sainova G. A., Akbasova A. D. Studying the influence of the vermi feed additive on domestic birds (laying hens). *Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University*. 2022; 4-1 (115): 224–231. DOI: 10.51452/kazatu.2022.4.1243.
27. Kaur T. Vermicomposting: an effective option for recycling organic wastes. *Organic Agriculture*. 2020. DOI: 10.5772/intechopen.91892.
28. Zimina D. A., Chachina S. B. Earthworms as an alternative source of protein. *Chemistry. Ecology. Urbanistics*. 2022; 2: 61–64. (In Russ.)
29. Poddubnaya I. V., Rudneva O. N. N., Gurkina O. A., Tarasov P. S., Orlenko E. V. Technology of preparation of worm meal from *Eisenia fetida* for feeding aquaculture facilities. *Agrarian Russia*. 2023; 11: 45–48. DOI: 10.30906/1999-5636-2023-11-45-48. (In Russ.)
30. Byambas P., Hornick J. L., Marlier D., Francis F., Eyvaz M. Vermiculture in animal farming: A review on the biological and non-biological risks related to earthworms in animal feed. *Cogent Environmental Science*. 2019; 5 (1). DOI: 10.1080/23311843.2019.1591328.
31. Han F., Moughan P. J., Li J., Stroebinger N., Pang S. The complementarity of amino acids in cooked pulse/cereal blends and effects on DIAAS. *Plants*. 2021; 10 (10): 1999–2019. DOI: 10.3390/plants10101999.
32. Tomićić Z. M., Pezo L. L., Spasevskil N. J., Lazarević J. M., Čabarkapa I. S., Tomićić R. M. Diversity of amino acids composition in cereals. *Food and Feed Research*. 2022; 49 (1): 11–22. DOI: 10.5937/ffr49-34322.
33. Edwards C. A., Arancon N. Q. The role of earthworms in organic matter and nutrient cycles. *Biology and ecology of earthworms*. Springer US, New York. 2022. Pp. 233–274. DOI: 10.1007/978-0-387-74943-3.
34. Poddubnaya I. V., Rudneva O. N. N., Gurkina O. A., Tarasov P. S., Orlenko E. V. Development of feed additives for industrial fish farming: a monograph. Saratov: Saratovskiy istochnik, 2024. 110 p. (In Russ.)
35. Vershinina I. A., Lebedev S. V. Investigation of the responses of the *Eisenia fetida* worms when copper and zinc nanoparticles are introduced into the habita. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*. 2022; 1 (57): 45–54. DOI: 10.36906/2311-4444/22-1/05. (In Russ.)
36. Smolentsev V. B., Yarovikova T. A., Islyayev V. I. Use of biomass of the technological worm *Eisenia fetida* (Sav. 1826) as original therapeutic agents in veterinary medicine. *Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products: proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Yoshkar-Ola, 2022. Pp. 162–164. (In Russ.)
37. Garczyńska M., Kostecka J., Pączka G., Mazur-Pączka A., Cebulak T., Butt K. R. Chemical composition of earthworm (*Dendrobaena veneta* Rosa) biomass is suitable as an alternative protein source. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023; 20 (4): 3108. DOI: 10.3390/ijerph20043108.
38. Kostecka J., Garczyńska M., Pączka G., Mazur-Pączka A. Chemical composition of earthworm (*Eisenia fetida* Sav.). Biomass and selected determinants for its production. *Journal of Ecological Engineering*. 2022; 23 (7): 169–179. DOI: 10.12911/22998993/149940.
39. Kavle R. R., Nolan P. J., Carne A., Agyei D., Morton J. D., Bekhit A. E.-D. A. Earth worming – an evaluation of earthworm (*Eisenia andrei*) as an alternative food source. *Foods*. 2023; 12 (10): 1948. DOI: 10.3390/foods12101948.
40. Ahmad A., Aslam Z., Bellitürk K., Ullah E., Raza A., Asif M. Vermicomposting by bio-recycling of animal and plant waste: A review on the miracle of nature. *Journal of Innovative Sciences*. 2022; 8 (2): 175–187. DOI: 10.17582/journal.jis/2022/8.2.175.187.
41. Zhou C., Wang Y. Recent progress in the conversion of biomass wastes into functional materials for value-added applications. *Science and Technology of Advanced Materials*. 2020; 21 (1): 787–804. DOI: 10.1080/14686996.2020.1848213.
42. Dubrovin A. V., Kharatyan G. A., Gusev V. A., Golubev A. V. Perspective resource-saving technology of own production of economic mixed fodder in farms. *Scientific and technological progress in agricultural production: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference*. Minsk, 2012. Vol. 2. Pp. 116–122. (In Russ.)
43. Bugaev O. G., Leonov I. I., Klimov V. A., Khatuntsov D. S., Ponomarev A. K. Technology of production of protein feed mixtures for hydrobionts based on cultured worms *Eisenia fetida* and *Dendrobaena veneta* using lyophilic drying technology. *Fishery*. 2022; 4: 65–70. (In Russ.)
44. Zimina D. A., Chachina S. B. Obtaining a renewable source of protein from vermiculture. *Chemistry. Ecology. Urbanistics*. 2023; 1: 288–291. (In Russ.)

45. Musyoka S. N., Liti D. M., Ogello E., Waidbacher H. Utilization of the earthworm, *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) as an alternative protein source in fish feeds processing: A review. *Aquaculture Research*. 2019; 50 (9): 2301–2315. DOI: 10.1111/are.14091.
46. Antonova E., Titov I., Pashkova I., Stom D. Vermiculture as a source of animal protein. *International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations. FARBA. 2021"*. Orel, 2021. Vol. 254. Article number 08006. DOI: 10.1051/e3sconf/202125408006.
47. Karomatov I. D. Earthworms as a promising drug. *Biology and Integrative Medicine*. 2022; 6 (59): 104–131. (In Russ.)
48. Kurbanova G. V., Esenbaeva Zh. J. Role of vermiculture fodder additives in the ecologization of animal husbandry. *Science, technology and education*. 2020; 6 (70): 10–13. (In Russ.)
49. Radchikov V. F., Tsai V. P., Kot A. N., Pilyuk S. N., Dzhumkova M. V., Malyavko I. V., Ubushaev B. S. The possibility of using top peat in the feeding of young cattle. *Breeding-genetic and technological aspects of innovative development of animal husbandry: a collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 65th anniversary of the birth of prof. Lebedko E. Ya.* Bryansk, 2023. Pp. 306–313. (In Russ.)
50. Malyshev P. A. Application of mixtures from peat and sapropel in animal husbandry and crop production. *Agrarny nauchnyi zhurnal*. 2024; 5: 105–111. DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp105-111. (In Russ.)
51. Oliva T. V., Kolesnichenko E. Yu. I., Andreeva N. V. Ecological aspects of production and application of vermicompost. *Actual Issues Of Agricultural Biology*. 2022; 4 (26): 41–46. (In Russ.)
52. Wei S., Li Z., Sun Y., Zhang J., Ge Y., Li Z. A comprehensive review on biomass humification: Recent advances in pathways, challenges, new applications, and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022; 170: 112984. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112984.
53. Chashmidari Y., Esmailzadeh L., Karimi-Torshizi M. A., Seidavi A., da Silva Araujo S. C., Francellino A. L. Feed supplementation with vermi-humus and earthworm (*Eisenia foetida*) powder on broiler productivity. *Italian Journal of Animal Science*. 2021; 20 (1): 1054–1062. DOI: 10.1080/1828051X.2021.1932615.
54. Hesami Y., Esmailzadeh L., Karimi-Torshizi M. A., Seidavi A., Vlčková R. Effect of diets containing earthworm powder and vermi-humus on egg production, hatchability, blood parameters and immunity of Japanese breeder quails. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2021; 105 (2): 316–325. DOI: 10.1111/jpn.13453.
55. Ayilara M. S., Olanrewaju O. S., Babalola O. O., Odeyemi O. Waste management through composting: challenges and potentials. *Sustainability*. 2020; 12 (11): 4456. DOI: 10.3390/su12114456.
56. Ahmad A., Aslam Z., Bellitürk K., Iqbal N., Naeem S., Idrees M., Kaleem Z., Nawaz M.Y., Nawaz M., Sajjad M., Rehman W. U. Vermicomposting methods from different wastes: an environment friendly, economically viable and socially acceptable approach for crop nutrition: a review. *International Journal of Food Science and Agriculture*. 2021; 5 (1): 58–68. DOI: 10.26855/ijfsa.2021.03.009.
57. Katakula A. A. N., Handura B., Gawanab W., Itanna F., Mupambwa H. A. Optimized vermicomposting of a goat manure-vegetable food waste mixture for enhanced nutrient release. *Scientific African*. 2021; 12 (9): e00727. DOI: 10.1016/j.sciaf.2021.e00727.
58. Ahmad A., Aslam Z., Bellitürk K., Ullah E., Raza A., Asif M. Vermicomposting by bio-recycling of animal and plant waste: a review on the miracle of nature. *Journal of Innovative Sciences*. 2022; 8 (2): 175–187. DOI: 10.17582/journal.jis/2022/8.2.175.187.
59. Chetvergova I. G., Zabolotnykh M. V. Chemical composition and nutritional value of quail meat when including in the diet feed additive based on humic acids. *Bulletin of Omsk State Agrarian University*. 2023; 4 (52): 102–106. (In Russ.)
60. Leonov I. I., Golovacheva N. A., Selivanova I. R., Horeva T. I. Effect of feeding a protein feed additive from *Eisenia fetida* flour on some productive parameters of rabbits. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2024; 4: 141–148. (In Russ.)

Authors' information:

Andrey A. Korovin, doctor of medical sciences, leading researcher of the laboratory of industrial technology of livestock production, North Caucasus Federal Agrarian Research Center, Mikhaylovsk, Stavropol Krai, Russia; ORCID 0009-0004-2565-1149, AuthorID 1130738. E-mail: abv20korovin@yandex.ru

Vladimir V. Golembovskiy, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of industrial technology of livestock production, North Caucasus Federal Agrarian Research Center, Mikhaylovsk, Stavropol Krai, Russia; ORCID 0000-0003-3124-0587, AuthorID:1037177. E-mail: vvh26@yandex.ru