



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2025.3.5>



UDC 574.2(470.45)

LBC 48.1

MODIFIED METHOD FOR DETECTION OF ANTIBIOTICS IN ANIMAL PRODUCTS BY LIQUID CHROMATOGRAPHY

Alexandra A. Kopeikina

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Mikhail V. Maltsev

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The study aimed to improve methods for monitoring residual amounts of tetracycline antibiotics in food products, namely poultry meat. The relevance of this work is due to the need to ensure consumer safety and compliance with regulatory requirements for the content of antibiotics in food products. To achieve these goals, a new analysis technique was developed that includes modification of chromatographic separation conditions. In particular, experiments were conducted to optimize the parameters of high-performance liquid chromatography (HPLC), such as the choice of mobile phase, gradient change in solvent composition, column temperature and flow rate. These changes significantly improved the separation of components, increased sensitivity and selectivity of the method. Particular attention was paid to the use of tandem mass spectrometry (MS/MS), which provides high accuracy of identification and quantitative determination of antibiotics even at very low concentrations. As a result, conditions were obtained that allow simultaneous determination of several types of tetracycline antibiotics with high accuracy and reproducibility. The tests showed that the new method has a number of advantages: it provides a lower detection limit, increased selectivity due to improved separation of components, and reduces the analysis time. This makes it more effective for practical use in laboratory conditions. To confirm the effectiveness of the new method, comparative studies were performed on real samples of food products. The results showed a good correlation. In general, the presented development demonstrates the possibility of increasing the accuracy and reliability of monitoring the residues of tetracycline antibiotics in food products due to the use of improved HPLC-MS/MS conditions. The introduction of this method into practice will improve the level of food safety, promptly identify excesses of permissible standards and ensure the protection of consumer health.

Key words: antibiotics, liquid chromatography, agriculture, animal husbandry, tetracycline group.

Citation. Kopeikina A.A., Maltsev M.V. Modified Method for Detection of Antibiotics in Animal Products by Liquid Chromatography. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2025, vol. 15, no. 3, pp. 43-49. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2025.3.5>

УДК 615.33(579.61)

ББК48.1

МОДИФИЦИРОВАННАЯ МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ АНТИБИОТИКОВ В ПРОДУКТАХ ЖИВОТНОВОДСТВА МЕТОДОМ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Александра Алексеевна Копейкина

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Михаил Васильевич Мальцев

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В рамках проведенного исследования была поставлена задача совершенствования методов контроля остаточных количеств антибиотиков тетрациклической группы в пищевых продуктах, а именно – мясе птицы. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью обеспечения безопасности потребителей и соблюдения нормативных требований по содержанию антибиотиков в пищевой продукции. Для достижения поставленных целей была разработана новая методика анализа, которая включает модификацию условий хроматографического разделения. В частности, были проведены эксперименты по оптимизации параметров высокоеффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), таких как выбор мобильной фазы, градиентное изменение состава растворителя, температура колонны и скорость потока. Эти изменения позволили значительно улучшить разделение компонентов, повысить чувствительность и селективность метода. Особое внимание уделялось использованию tandemной масс-спектрометрии (МС/МС), которая обеспечивает высокую точность идентификации и количественного определения антибиотиков даже при их очень низких концентрациях. В результате были получены условия, позволяющие одновременно определять несколько видов тетрациклических антибиотиков с высокой точностью и воспроизводимостью. Проведенные испытания показали, что новая методика обладает рядом преимуществ, она обеспечивает более низкий лимит обнаружения, повышенную селективность за счет улучшенного разделения компонентов, а также сокращает время анализа. Это делает ее более эффективной для практического применения в лабораторных условиях. Для подтверждения эффективности новой методики были выполнены сравнительные исследования на реальных образцах пищевой продукции. Результаты показали хорошую корреляцию. В целом, представленная разработка демонстрирует возможность повышения точности и надежности контроля за остатками антибиотиков тетрациклической группы в пищевых продуктах за счет использования усовершенствованных условий ВЭЖХ-МС/МС. Внедрение данной методики в практику позволит повысить уровень безопасности пищевой продукции, своевременно выявлять превышения допустимых норм и обеспечивать защиту здоровья потребителей.

Ключевые слова: антибиотики, жидкостная хроматография, сельское хозяйство, животноводство, тетрациклическая группа.

Цитирование. Копейкина А. А., Мальцев М. В. Модифицированная методика обнаружения антибиотиков в продуктах животноводства методом жидкостной хроматографии // Природные системы и ресурсы. – 2025. – Т. 15, № 3. – С. 43–49. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2025.3.5>

Введение

Антибиотики как класс веществ играют ключевую роль в медицине и ветеринарии, обеспечивая эффективное лечение инфекционных заболеваний. Их применение в различных областях сельского хозяйства, и конкретно в животноводстве, имеет как положительные, так и отрицательные стороны [2; 16; 20]. В животноводстве применяются хлорамфеникол, антибиотики тетрациклической группы и пенициллин, которые включены в список разрешенных препаратов, регулируемый законодательством [12; 14; 16; 20; 23]. В 2020 году мировое потребление антибиотиков в животноводстве составило 160 тыс. т, и ожидается, что эта цифра может вырасти до 200 тыс. т к 2030 году [25]. Основная часть препаратов является составной частью кормов и применяется не только для лечения, но и для профилактики заболеваний, а

также в качестве стимуляторов роста [1; 3; 5; 6; 8; 13; 21; 22; 24; 25]. Но использование антибиотиков может не только улучшать приросты массы животных, практически гарантированным побочным эффектом является изменение микрофлоры кишечника, что потенциально способствует развитию устойчивых штаммов бактерий [7; 15]. Несмотря на то, что значительная часть антибиотиков, находящихся в составе кормов, принятых животными, выводится с мочой и калом (40–90 %), оставшаяся часть накапливается в организме и попадает в продукты животноводства, такие как мясо, молоко и яйца. Таким образом, антибиотики, используемые в животноводстве, гарантированно влияют на организм потребителя – человека [4; 9–11; 13; 17–19; 23]. Поэтому строгий контроль за использованием антибиотиков в животноводстве становится одной из приоритетных задач для государственных надзорных органов.

Материалы и методы исследования

Общепринятым методом обнаружения в продуктах животноводства антибиотиков тетрациклической группы является жидкостный хроматографический анализ по: ГОСТ 31694-2012 Продукты пищевые, продовольственное сырье. Метод определения остаточного содержания антибиотиков тетрациклической группы с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором.

Хроматографический анализ тетрациклинов в пищевой продукции проводили на жидкостном хроматографе с тройным квадрупольным масс-анализатором и линейной ионной ловушкой QTRAP 6500⁺.

Условия работы жидкостного хроматографа:

- температура термостата колонки – 40 °C;
- скорость потока элюента – 0,4 мл/мин;
- объем вводимой пробы – 10 мкл;
- элюент А – подкисленная вода 0,1 %;
- элюент В – подкисленный ацетонитрил 0,1 %;
- разделение проводить в режиме градиентного элюирования по схеме, градиентного элюирования (табл. 1).

Градуировочную кривую строили при помощи матричной градуировки. Для этого подготовили по 5 заведомо «чистых» проб соответствующих выбранных матриц (мясо птицы) и заражали по схеме, представленной в таблице внесения концентраций градуировочных растворов (табл. 2).

Пробоподготовку провели в двух вариантах, по ГОСТ 31694-2012 и модифицированной методике исключающей этап твердофазной экстракции (ТФЭ). Обычно она применяется для дополнительной очистки экстрактов и предварительного концентрирования тетрациклических антибиотиков.

Образец (мясо птицы) экстрагируется с использованием этилацетата. Это позволяет извлечь тетрациклины из матрицы образца. Тетрациклины переходят в органическую фазу (этилацетат), в то время как нежелательные компоненты останутся в водной фазе.

Результаты и обсуждения

Результат сравнения степени извлечения тетрациклинов по ГОСТу и в модифицированной методике приведен на диаграмме (см. рисунок).

Таблица 1

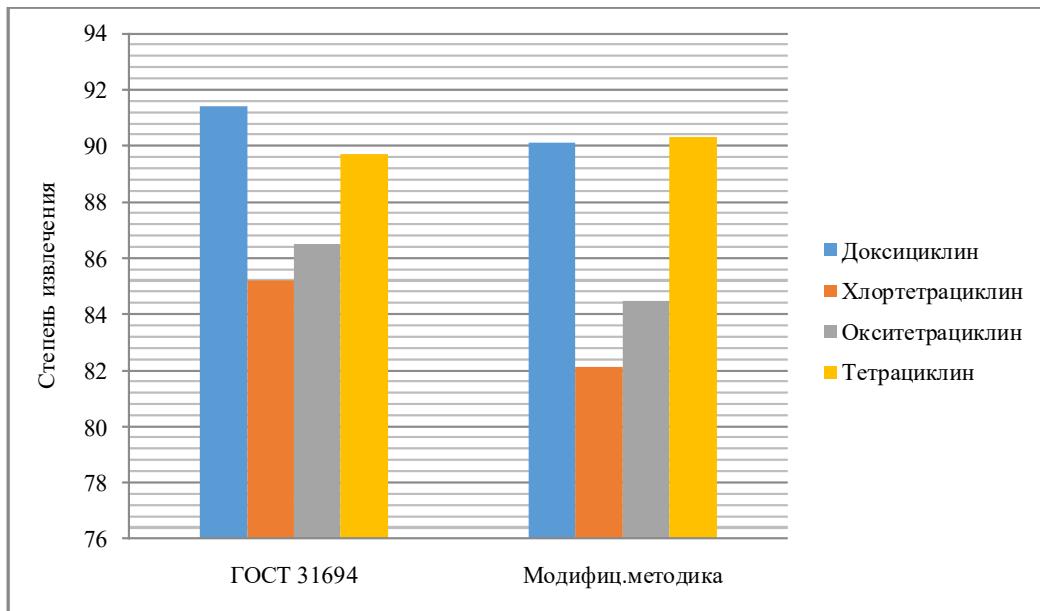
Схема градиентного элюирования

Время (мин)	Поток (мкл/мин)	Элюент А, %	Элюент В, %
0,00	400	90	10
0,10	400	90	10
3,00	400	50	50
3,50	400	50	50
3,60	400	90	10
6,00	400	90	10

Таблица 2

Схема внесения в пробу концентраций градуировочных растворов

Характеристика раствора	Уровни концентраций градуировочных растворов				
	1	2	3	4	5
Объем рабочего раствора № 1 с массовой концентрацией 1 000 нг/см ³ , мм ³			10	50	100
Объем промежуточного рабочего раствора № 2 с массовой концентрацией 100 нг/см ³ , мм ³	10	50			
Объем рабочего раствора внутреннего стандарта с массовой концентрацией 1 000 нг/см ³ , мм ³			50		
Массовая концентрация внутреннего стандарта в полученном градуировочном растворе, нг/см ³			50		
Массовая концентрация анализов в полученном градуировочном растворе, нг/см ³	1	5	10	50	100



Сравнение степени извлечения тетрациклических антибиотиков по ГОСТ и по модифицированной методике

Степень извлечения по модифицированной методике составляет более 50 %, что является основанием для использования данной методики в пробоподготовке для определения исследуемых соединений. ПДК для тетрациклической группы по Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» составляет: не допускается (<0,01 мг/кг); для доксициклина – 0,1 мг/кг [19].

Исследуемые пробы мяса птицы по ГОСТ 31694-2012 и по модифицированной методике не превышают ПДК, то есть отрицательны; аналиты видны четко при низкой концентрации 1 нг.

Заключение

Остатки антибиотиков в пищевых продуктах представляют серьезную проблему, несмотря на критическую необходимость в поддержании биологических объектов животноводства. Эта характеристика продукции животноводства является одним из приоритетных показателей при оценке безопасности. Анализ и модификация традиционных методов контроля за остаточным содержанием антибиотиков необходимы в условиях возросшей нагрузки на надзорные структуры, оценивающие безопасность продуктов питания.

Исключение из процесса пробоподготовки образцов для определения антибиотиков тетрациклической группы этапа твердофазной экстракции (ТФЭ) позволяет значительно сократить продолжительность, трудоемкость метода, а также снизить его стоимость без потери качества проводимого исследования, не выходя за рамки Технического регламента [22].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Балбукская, А. А. Антибиотикограмма микроорганизмов, выделенных от больных острым эндометритом коров / А. А. Балбукская, В. Н. Скворцов, С. С. Белимова // Ветеринарный врач. – 2019. – № 5. – С. 4–10.
- Беляев, В. И. Биохимические показатели крови супоросных свиноматок и их потомства под влиянием селекора / В. И. Беляев, Т. Е. Мельникова, В. И. Шушлебин // Сельскохозяйственная биология. – 2006. – Т. 41, № 2. – С. 90–94.
- Влияние антибиотика и фитобиотика на состояние здоровья, продуктивность кур-несушек и качество яйца / А. С. Кривоногова [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2023. – № 5 (234). – С. 61–71. – DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-234-05-61-71>
- Влияние антибиотиков на зоотехнические показатели кроликов / М. М. Орлов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – №. 5 (91). – С. 177–182. – DOI: <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-91-5-177-182>

5. Влияние антибиотиков, использующихся в животноводстве, на распространение лекарственной устойчивости бактерий (обзор) / И. С. Сазыкин [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 2021. – Т. 57. – №. 1. – С. 1–12. – DOI: <https://doi.org/10.31857/S0555109921010335>
6. Влияние окталактона на продуктивные показатели птицы / Ш. Г. Рахматуллин [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – Т. 104, №. 4. – С. 158–169. – DOI: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-158>
7. ГОСТ 31694-2012 Метод определения остаточного содержания антибиотиков тетрациклической группы с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/52625/>
8. Гроздина, А. А. Микрофлора желудочно-кишечного тракта и зоотехнические показатели цыплят-бройлеров при использовании кормов различного состава на фоне применения антибиотика и пробиотика / А. А. Гроздина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 6. – С. 98–113. – DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2017-6-98-113>
9. Дускаев, Г. К. Фитохимические вещества в кормлении сельскохозяйственной птицы: перспективы использования (обзор) / Г. К. Дускаев, Т. А. Климова // Животноводство и кормопроизводство. – 2022. – Т. 105, № 3. – С. 137–152. – DOI: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-137>
10. Иль, Е. Н. Ветеринарно-санитарная оценка молока, полученного от высокопродуктивных коров / Е. Н. Иль, М. В. Заболотных, К. Н. Баязитова // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1 (33). – С. 92–98.
11. Лебедев, С. В. Элементный статус организма кур при введении в рацион ферментных, пробиотических и антибиотических препаратов / С. В. Лебедев // Животноводство и кормопроизводство. – 2013. – Т. 4, № 82. – С. 88–93.
12. Лыско, С. Б. Профилактика бактериальных болезней птиц без антибиотиков / С. Б. Лыско // Эффективное животноводство. – 2022. – № 4 (179). – С. 55–57.
13. Маркова, И. В. Экологическая оценка безопасности мяса бычков различных пород / И. В. Маркова // Животноводство и кормопроизводство. – 2013. – Т. 3, № 81. – С. 72–74.
14. Мурленков, Н. В. Проблемы и факторы развития антибиотикорезистентности в сельском хозяйстве / Н. В. Мурленков // Биология в сельском хозяйстве. – 2019. – № 4 (25). – С. 11–14.
15. Норматова, Ш. А. Фактическое употребление молока и молочных продуктов и оценка степени их загрязнения / Ш. А. Норматова, Ш. С. Бахритдинов // Гигиена и санитария. – 2011. – № 2. – С. 67–69.
16. Обзор средств антибиотикотерапии, активных в отношении возбудителей инфекционного мастита / Ю. О. Ляшук [и др.] // Аграрная наука. – 2024. – №. 6. – С. 50–55. – DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-383-6-50-55>
17. Оценка биологической безопасности молочных продуктов, содержащих антибиотики / О. С. Чаплыгиной [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2023. – Т. 53, №. 1. – С. 192–201. – DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2427>
18. Применение антибиотиков в сельском хозяйстве и альтернативы их использования / М. С. Мирошникова [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2021. – №. 5. – С. 65–70.
19. Семенова, Е. Ф. Скрининг антимикробной активности жидких экстрактов стевии Ребо (*SteviarebaudianaBertoni*) / Е. Ф. Семенова, А. С. Веденеева, Т. П. Жужжалова // Вестник Воронежского госуниверситета. Серия «Химия. Биология. Фармацевтическая». – 2010. – № 1. – С. 121–126.
20. Сравнительный анализ показателей липидного обмена у крыс при оценке качества и безопасности продуктов животноводства / С. Н. Белик [и др.] // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». – 2016. – Т. 18, № 7. – С. 90–93.
21. Тимофеева, С. С. Оценка потенциальных рисков для здоровья населения Байкальского региона при употреблении продуктов, загрязненных антибиотиками / С. С. Тимофеева, С. С. Тимофеев, О. В. Тюкалова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2022. – Т. 30, № 3. – С. 312–325. – DOI: <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-312-325>
22. ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560>
23. Филиппова, М. С. Применение кормового антибиотика энрамицин для профилактики репродуктивных нарушений у свиноматок / М. С. Филиппова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 95–99.
24. Фитобиотики как альтернатива антибиотикам в животноводстве / В. А. Рязанова [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – Т. 104, №. 4. – С. 108–123. – DOI: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-108>
25. Шульга, Н. Н. Антибиотики в животноводстве: пути решения проблемы / Н. Н. Шульга, И. С. Шульга, Л. П. Плавшак // Тенденции развития науки и образования. – 2018. – № 35-4. – С. 52–55. – DOI: <https://doi.org/10.18411/lj-28-02-2018-68>

REFERENCES

1. Balbuckaya A.A., Skvorcov V.N., Belimova S.S. Antibiotikogramma mikroorganizmov, vydelenyyh ot bolnyh ostrym endometritom korov [Antibiotic Profile of Microorganisms Isolated from Cows with Acute Endometritis]. *Veterinarnyj vrach*, 2019, no. 5, pp. 4-10.
2. Belyaev V.I., Melnikova T.E., Shushlebin V.I. Biohimicheskie pokazateli krovi suporosnyh svinomatok i ih potomstva pod vliyaniem selekora [Biochemical Parameters of Blood of Pregnant Sows and Their Offspring Under the Influence of Selecorg]. *Selskohozyajstvennaya biologiya*, 2006, vol. 41, no. 2, pp. 90-94.
3. Krivonogova A.S. et al. Vliyanie antibiotika i fitobiotika na sostoyanie zdorovya, produktivnost kurnesushek i kachestvo yayca [Antibiotic and Phytobiotic's Effect on Health Status, Productivity of Laying Hens and Egg Quality]. *Agrarnyj vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2023, no. 5 (234), pp. 61-71. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-234-05-61-71>
4. Orlov M.M. et al. Vliyanie antibiotikov na zootehnicheskie pokazateli krolikov [The Influence of Antibiotics on Zootechnical Performance of Rabbits]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021, no. 5 (91), pp. 177-182. DOI: <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-91-5-177-182>
5. Sazykin I.S. et al. Vliyanie antibiotikov, ispolzuyushchihsya v zhivotnovodstve, na rasprostranenie lekarstvennoj ustojchivosti bakterij (obzor) [The Impact of Antibiotics Used in Animal Husbandry on the Spread of Bacterial Drug Resistance (Review)]. *Prikladnaya biohimiya i mikrobiologiya*, 2021, vol. 57, no. 1, pp. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0555109921010335>
6. Rakhmatullin Sh.G., Nurzhanov B.S., Inchagova K.S., Duskaev G.K., Sheida E.V., Kosyan D.B. Vliyanie oktalaktona na produktivnye pokazateli pticy [Influence of Octalactone on Poultry Productivity]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo* [Animal Husbandry and Fodder Production], 2021, vol. 104, no. 4, pp. 158-169. DOI: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-158>
7. GOST 31694-2012 Metod opredeleniya ostatochnogo soderzhaniya antibiotikov tetraciklinovoj gruppy s pomoshchyu vysokoeffektivnoj zhidkostnoj hromatografii s mass-spektrometricheskim detektorom [GOST 31694-2012 Method for Determination of Residual Content of Tetracycline Antibiotics Using High-Performance Liquid Chromatography with a Mass Spectrometric Detector]. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/52625/>
8. Grozina A.A. Mikroflora zheludochno-kishechnogo trakta i zootehnicheskie pokazateli cyplyat-
brojlerov pri ispolzovanii kormov razlichnogo sostava na fone primeneniya antibiotika i probiotika [Gastrointestinal Microflora and Zootechnical Indices of Broiler Chicken Supplied with Feeds of Different Composition in the Course of Antibiotic and Probiotic Treatment]. *Izvestiya Timiryazevskoj selskohozyajstvennoj akademii* [Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy], 2017, no. 6, pp. 98-113. DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2017-6-98-113>
9. Duskaev G.K., Klimova T.A. Fitohimicheskie veshchestva v kormlenii selskohozyajstvennoj pticy: perspektivy ispolzovaniya (obzor) [Phytochemicals in Poultry Nutrition: Prospects for Use (Review)]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo* [Animal Husbandry and Fodder Production], 2022, vol. 105, no. 3, pp. 137-152. DOI: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-137>
10. Il E.N., Zabolotnyh M.V., Bayazitova K.N. Veterinarno-sanitarnaya ocenka moloka, poluchennogo ot vysokoproduktivnyh korov [Veterinary and Sanitary Assessment of Milk Obtained from High-Yielding Cows]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, no. 1 (33), pp. 92-98.
11. Lebedev S.V. Elementnyj status organizma kur pri vvedenii v racion fermentnyh, probioticheskikh i antibioticheskikh preparatov [Elemental Status of the Chicken Body When Introducing Enzyme, Probiotic and Antibiotic Preparations into the Diet]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo* [Animal Husbandry and Fodder Production], 2013, vol. 4, no. 82, pp. 88-93.
12. Lysko S.B. Profilaktika bakterialnyh boleznej ptic bez antibiotikov [Prevention of Bacterial Diseases in Birds Without Antibiotics]. *Effektivnoe zhivotnovodstvo*, 2022, no. 4 (179), pp. 55-57.
13. Markova I.V. Ekologicheskaya ocenka bezopasnosti myasa bychkov razlichnyh porod [Environmental Safety Assessment of Beef of Various Breeds]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo* [Animal Husbandry and Fodder Production], 2013, vol. 3, no. 81, pp. 72-74.
14. Murlenkov N.V. Problemy i faktory razvitiya antibiotikorezistentnosti v selskom hozyajstve [Problems and Factors of Antibiotic Resistance Development in Agriculture]. *Biologiya v selskom hozyajstve*, 2019, no. 4 (25), pp. 11-14.
15. Normatova Sh.A., Bahritdinov Sh.S. Fakticheskoe upotreblenie moloka i molochnyh produktov i ocenka stepeni ih zagryazneniya [Actual Consumption of Milk and Dairy Products and Assessment of the Degree of Their Contamination]. *Gigiena i sanitariya*, 2011, no. 2, pp. 67-69.
16. Lyashchuk Yu.O. et al. Obzor sredstv antibiotikoterapii, aktivnyh v otnoshenii vozbuditelej infekcionnogo mastita [Review of Antibiotic Agents Active Against Infectious Mastitis Pathogens].

- Agrarnaya nauka* [Agrarian Science], 2024, no. 6, pp. 50-55. DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-383-6-50-55>
17. Chaplyginoj O.S. et al. Ocenna biologicheskoy bezopasnosti molochnyh produktov, soderzhashchih antibiotiki [Assessing the Biological Safety of Dairy Products with Residual Antibiotics]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2023, vol. 53, no. 1, pp. 192-201. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2427>
18. Miroshnikova M.S. et al. Primenenie antibiotikov v selskom hozyajstve i alternativy ih ispolzovaniya [The Use of Antibiotics in Agriculture and Alternatives to Their Use]. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, 2021, no. 5, pp. 65-70.
19. Semenova E.F., Vedeneeva A.S., Zhuzhzhalova T.P. Skrining antimikrobnoj aktivnosti zhidkikh ekstraktov stevii Rebo (Stevia rebaudiana Bertoni) [Screening of Antimicrobial Activity of Liquid Extracts of Stevia rebaudiana Bertoni]. *Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Seriya «Himiya. Biologiya. Farmaciya»*, 2010, no. 1, pp. 121-126.
20. Belik S.N. et al. Sravnitelnyj analiz pokazatelej lipidnogo obmena u krys pri ocenke kachestva i bezopasnosti produktov zhivotnovodstva [Comparative Analysis of Lipid Metabolism Parameters in Rats When Assessing the Quality and Safety of Livestock Products]. *Mediko-farmacevticheskij zhurnal «Puls»*, 2016, vol. 18, no. 7, pp. 90-93.
21. Timofeeva S.S., Timofeev S.S., Tyukalova O.V. Ocenna potencialnyh riskov dlya zdorovya naseleniya Bajkalskogo regiona pri upotreblenii produktov, zagryaznennyyh antibiotikami [Assessment of Potential Risks to the Health of the Population of the Baikal Region When Using Products Contaminated with Antibiotics]. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatelnosti* [RUDN Journal of Ecology and Life Safety], 2022, vol. 30, no. 3, pp. 312-325. DOI: <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-312-325>
22. TR TS 021/2011 *Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo soyusa «O bezopasnosti pishchevoj produkci»* [TR CU 021/2011 Technical Regulations of the Customs Union “On the Safety of Food Products”]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560>
23. Filippova M.S. Primenenie kormovogo antibiotika enramycin dlya profilaktiki reproduktivnyh narushenij u svinomatok [Use of the Feed Antibiotic Enramycin for the Prevention of Reproductive Disorders in Sows]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj selskohozyajstvennoj akademii*, 2019, no. 2, pp. 95-99.
24. Ryazanova V.A., Kurilkina M.Ya., Duskaev G.K., Gabidulin V.M. Fitobiotiki kak alternativa antibiotikam v zhivotnovodstve [Phytobiotics as an Alternative to Antibiotics in Animal Husbandry (Review)]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo* [Animal Husbandry and Fodder Production], 2021, vol. 104, no. 4, pp. 108-123. DOI: <https://doi.org/10.33284/2658-3135-104-4-108>
25. Shulga N.N., Shulga I.S., Plavshak LP. Antibiotiki v zhivotnovodstve-puti resheniya problemy [Antibiotics in Animal Husbandry: Solutions to the Problem]. *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*, 2018, no. 35-4, pp. 52-55. DOI: <https://doi.org/10.18411/lj-28-02-2018-68>

Information About the Authors

Alexandra A. Kopeikina, Master's Student, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, bot@volstu.ru

Mikhail V. Maltsev, Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor, Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, maltsev@volstu.ru

Информация об авторах

Александра Алексеевна Копейкина, магистрант, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, bot@volstu.ru

Михаил Васильевич Мальцев, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, maltsev@volstu.ru