

## АНАЛИЗ ЭЛЮЕНТОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В МОЛОКЕ МЕТОДОМ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Андрей Андреевич Терехов<sup>1✉</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Российская Федерация  
<sup>1</sup>соискатель, andterekhov7@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-0436-5627

### РЕФЕРАТ

Цель исследования заключалась в подборе оптимальных элюентов для выявления остаточного количества фосфорорганических соединений в молоке, используя метод тонкослойной хроматографии. Исследования проводились на базе кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы СПбГУВМ. Материалом исследований служили растворы малатиона, хлорофоса, диазинона и диметоата. Проведена детекция данных веществ в различных системах растворителей с последующим расчетом коэффициентов подвижности Rf. Результаты оценивали в лучах УФ-света, используя УФ-кабинет УФК-НДи. В результате были определены наиболее чувствительные системы элюентов: для диазинона и диметоата – гексан-ацетон 5:1, для хлорофоса – гексан-ацетон 1:1, а для малатиона – хлороформ. Использование данных систем позволяет выделить вещество и детектировать его используя предложенную нами методику.

**Ключевые слова:** сырое молоко, ветеринарно-санитарная экспертиза, тонкослойная хроматография, диазинон, малатион, хлорофос, диметоат.

**Для цитирования:** Терехов А.А. Анализ элюентов для выявления фосфорорганических соединений в молоке методом тонкослойной хроматографии // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2025. №2. с 112-114. <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2025.2.112>

## ANALYSIS OF ELUENTS FOR THE DETECTION OF ORGANOPHOSPHORUS COMPOUNDS IN MILK BY THIN-LAYER CHROMATOGRAPHY

Andrey An. Terekhov<sup>1✉</sup>

<sup>1</sup>Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russian Federation  
<sup>1</sup>applicant, andterekhov7@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-0436-5627

### ABSTRACT

The aim of the study was to select optimal eluents for detecting the residual amount of organophosphorus compounds in milk using thin-layer chromatography. The research was conducted on the basis of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise of St. Petersburg State Medical University. The research materials were solutions of malathion, chlorophos, diazinon and dimethoate. The detection of these substances in various solvent systems was carried out, followed by the calculation of the Rf mobility coefficients. The results were evaluated in the rays of UV light using UV cabinet UVK-HDi. As a result, the most sensitive eluent systems were identified: hexane-acetone 5:1 for diazinone and dimethoate, hexane-acetone 1:1 for chlorophos, and chloroform for malathion. The use of these systems makes it possible to isolate a substance and detect it using our proposed methodology.

**Key words:** raw milk, veterinary and sanitary examination, thin-layer chromatography, diazinone, malathion, chlorophos, dimethoate.

**For citation:** Terekhov A.A. Analysis of eluents for detection of organophosphorus compounds in milk by thin-layer chromatography. Legal regulation in veterinary medicine. 2025;2: 112-114. (In Russ) <https://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2025.2.112>

### ВВЕДЕНИЕ

Широкое применение фосфорорганических соединений в составе ветеринарных препаратов и пестицидов сохраняет актуальность поиска эффективных скрининговых методов контроля за остаточным содержанием данных соединений. Контаминация молока может происходить из-за попадания загрязненного корма или воды, а также непосредственно из-за обработки кожного покрова коров ветеринарными препаратами. Малатион и диметоат получили широкое распространение в составе пестицидов, а диазинон и хлорофос являются действующими веществами ветеринарных препаратов, применяемых для борьбы с эктопаразитами. Данные соединения обладают кумулятивным действием, накапливаясь в жире, в том числе

и в молочном. Контаминированное молоко несет угрозу для здоровья человека. [1, 3].

Поэтому ветеринарно-санитарная экспертиза молока с целью выявления в нем содержания остаточного количества ФОСов представляется особенно актуальным для обеспечения его безопасности [3, 4, 5]. Важным преимуществом использования метода тонкослойной хроматографии является возможность проведения скрининговых исследований молока позволяющих исследовать большой объем проб при низкой себестоимости. Для этих целей нами был выбран метод тонкослойной хроматографии. Одни из ключевых этапов разработки методики является подбор оптимальной подвижной фазы для определяемых соединений [1, 2, 6].

**Таблица 1.** Результаты определения Rf для фосфорорганических соединений в различных подвижных фазах.

**Table 1.** Results of Rf determination for organophosphorus compounds in different mobile phases.

Система растворителей	Диазинон	Хлорофос	Малатион	Диметоат
Ацетон	0,03±0,01	0,84±0,02	-	-
Хлороформ	-	0,05±0,01	0,59±0,02	0,05±0,01
Бензол-этилацетат 30:1	0,35±0,01	-	0,40±0,03	0,03±0,01
Гексан+ацетон 1:1	0,05±0,01	0,35±0,02	-	-
Гексан+ацетон 2:1	0,40±0,02	0,14±0,01	0,19±0,01	0,28±0,01
Гексан+ацетон 3:1	0,49±0,02	0,09±0,01	0,41±0,02	0,21±0,02
Гексан+ацетон 4:1	0,44±0,01	0,03±0,01	0,29±0,01	0,07±0,01
Гексан+ацетон 5:1	0,65±0,02	0,19±0,01	0,27±0,01	0,76±0,02

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований послужили пробы молока, экспериментально контаминированные растворами следующих фосфорорганических соединений: диазинон, малатион, хлорофос, диметоат. В качестве контрольных растворов использовались растворы ацетона с содержанием аналогичных соединений в концентрации 100 мкг/мл. Всего было исследовано 160 образцов.

Исследование проводилось с помощью метода тонкослойной хроматографии по разработанной методике. В качестве подвижной фазы нами были использованы следующие системы растворителей: ацетон, хлороформ, бензол-этилацетат 30:1, гексан-ацетон в различных соотношениях.

Нами использовался термостол ТСП-2 и ультрафиолетовый кабинет УФК 254/365 – HD, при сохранении одинаковых условий подготовки опытных и контрольных растворов. Пробоподготовка проводилась по предложенной нами методике.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного эксперимента были определены коэффициенты подвижности четырех фосфорорганических соединений, а также провели оценку распределения полученных пятен веществ на хроматографических пластинах.

Таким образом применение в качестве подвижной фазы ацетона не позволяет проводить исследования выявляемых соединений, хлороформ можно использовать только для соединения малатиона, а гексан-ацетон 1:1 для хлорофоса. При этом элюент бензол-этилацетат 30:1 не позволяет детектировать хлорофос и диметоат, аналогичная картина наблюдалась в системе гексан-ацетон 4:1. Гексан-ацетон 2:1 уже позволила выделить все 4 искомых соединений, но хлоро-

фос и малатион находились в пределах нижней границы и обладали близкими показателями Rf. При использовании гексан-ацетон 3:1 исследованию доступны все соединения, за исключением хлорофоса. А при использовании гексан-ацетон 5:1 удалось достичь одновременного выделения всех веществ в достаточном диапазоне коэффициента подвижности.

Эффективность применения различных систем растворителей обуславливается химическими свойствами соединений. Выбранные системы определены исходя из максимального показателя подвижности изученных соединений, при этом важным фактором является нахождение коэффициента подвижности в диапазоне от 0,1 до 0,8, чтобы исключить ситуации, когда искомое соединение имеет слишком близкую схожесть с элюентом и поднимается вместе с его фронтом, а также ситуации, когда из-за слишком низкого Rf может не происходить разделение веществ в исследуемой пробе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результату проведенных исследований были определены наиболее эффективные компоненты подвижной фазы для четырех фосфорорганических пестицидов, а именно: гексан-ацетон 5:1 для диазинона и диметоата, гексан-ацетон 1:1 для хлорофоса, хлороформ для малатиона.

Коэффициенты подвижности при этом были равны: диазинон 0,65, хлорофос 0,35, малатион 0,59 и диметоат 0,76.

Результаты определения эффективных компонентов подвижной фазы для четырех фосфорорганических пестицидов позволит оптимизировать методику выявления ФОСов в молоке методом ТСХ и использовать полученные данные в проведении скрининговых исследований.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Андреева И.И. Тонкослойная хроматография в анализе молочной продукции / И.И. Андреева, Ю.Ю. Гайнуллина // Достижения молодых ученых: химические науки: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уфимский университет науки и технологий". 2023. с. 144.
2. Барышев А.Н. Аналитическая химия: роль полученных умений и навыков в работе ветеринарного специалиста / А.Н. Барышев, Т.П. Луцко, Д.П. Боталова // Актуальные вопросы ветеринарной медицины и лабораторной диагностики: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора В.В. Рудакова, Санкт-Петербург, 25–26 мая 2023 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины. 2023. С. 19-21.
3. Смирнов А.В. Биологическая безопасность сырья и продуктов животного и растительного происхождения / А.В. Смирнов, А.Н. Токарев. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины. 2024. 86 с.
4. Смирнов А.В. Сравнительный анализ требований нормативных документов к качеству и безопасно-

сти сырого молока в государствах ЕАЭС / А. В. Смирнов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2021. № 4. С. 33-35.

5. Смирнов А.В., Токарев А.Н., Терехов А.А. и др. Актуализация процесса подготовки проб молока для определения фосфов методом тонкослойной хроматографии / А. В. Смирнов, А. Н. Токарев, А. А. Терехов [и др.] // Передовые достижения науки в молочной отрасли: Сборник научных трудов по результатам работы VI Международной научно-практической конференции, посвящённой дню рождения Николая Васильевича Верещагина, Вологда-Молочное, 25 октября 2024 года. Вологда-Молочное: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина». 2024. С. 247-250.

6. Соколов И.В., Терехов А.А., Токарев А.Н. и др. Анализ составных компонентов инсектицидных смесей на основе синтетических пиретроидов в молоке при помощи метода тонкослойной хроматографии / И.В. Соколов, А.А. Терехов, А.Н. Токарев [и др.] // Передовые достижения науки в молочной отрасли: Сборник научных трудов по результатам работы VI Международной научно-практической конференции, посвящённой дню рождения Николая Васильевича Верещагина, Вологда-Молочное, 25 октября 2024 года. Вологда-Молочное: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина». 2024. С. 256-259.

## **REFERENCES**

1. Andreeva I.I., Gaynullina Yu.Y. Thin-layer chromatography in the analysis of dairy products. Achievements of young scientists: Chemical Sciences. Ufa University of Science and Technology. 2023. p. 144.

2. Baryshev A.N., Lutsko T.P., Botalova D.P. Analytical chemistry: the role of acquired skills in the work of a veterinary specialist. Topical issues of veterinary medicine and laboratory diagnostics : proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor V.V. Rudakov. St. Petersburg, May 25-26, 2023. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine. 2023. pp. 19-21.

3. Smirnov A.V., Tokarev A.N. Biological safety of raw materials and products of animal and plant origin. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine. 2024. 86 p.

4. Smirnov A.V. Comparative analysis of the requirements of regulatory documents for the quality and safety of raw milk in the EAEU countries. Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. 2021;4:33-35.

5. Smirnov A.V., Tokarev A.N., Terekhov A.A. et al. Updating the process of preparing milk samples for the determination of moisture by thin-layer chromatography. Advanced achievements of science in the dairy industry: A collection of scientific papers based on the results of the VI International Scientific and Practical Conference dedicated to the birthday of Nikolai Vasilyevich Vereshchagin. October 25, 2024. Vologda-Dairy: Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin. 2024. pp. 247-250.

6. Sokolov I.V., Terekhov A.A., Tokarev A.N. et al. Analysis of the components of insecticidal mixtures based on synthetic pyrethroids in milk using thin-layer chromatography. Advanced achievements of science in the dairy industry : A collection of scientific papers based on the results of the VI International Scientific and Practical Conference dedicated to the birthday Nikolai Vasilyevich Vereshchagin, October 25, 2024. Vologda-Dairy: Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin. 2024. pp. 256-259.

Поступила в редакцию / Received: 10.06.2025

Поступила после рецензирования / Revised: 25.06.2025

Принята к публикации / Accepted: 26.06.2025