



## ЭКОЛОГИЯ

Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2025. Т. 25, вып. 4. С. 454–462

*Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2025, vol. 25, iss. 4, pp. 454–462

<https://ichbe.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-4-454-462>

EDN: WGIXXO

Научная статья

УДК 574.24:615.322

### Экологическая оценка загрязнения сим-триазиновыми пестицидами лекарственного растительного сырья агроценозов Ростовской области

Ю. А. Павлова, Н. А. Дьякова ✉

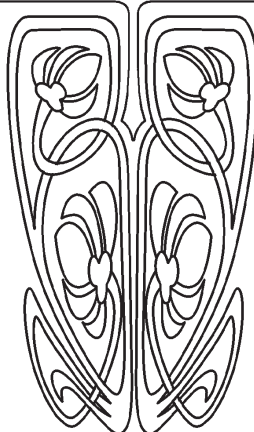
Воронежский государственный университет, Россия, 394006, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1

Павлова Юлия Александровна, ассистент кафедры фармацевтической технологии, [u.a.selivanova@yandex.ru](mailto:u.a.selivanova@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1204-927X>

Дьякова Нина Алексеевна, доктор фармацевтических наук, доцент, доцент кафедры фармацевтической технологии, [Ninochka\\_V89@mail.ru](mailto:Ninochka_V89@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>



НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ



**Аннотация.** Целью настоящего исследования являлась экологическая оценка загрязнения сим-триазиновыми пестицидами ресурсов лекарственного растительного сырья Ростовской области. В качестве объектов исследования использовали фармакопейные виды растений, широко распространенные в Южном федеральном округе, являющиеся характерными представителями как естественных растительных сообществ, так и синантропной растительности, а также почвы. Определяли содержание в образцах почв и растительного сырья сим-триазиновых пестицидов: атразина, симазина, прометрина. Определение содержания в растительных образцах и пробах почв ядохимикатов проводили на аналитическом хроматографе «Хроматэк-Кристалл-5000». Результаты исследования образцов, отобранных на территориях наиболее репрезентативных агроценозов Чертовского и Цимлянского районов Ростовской области, характеризующихся интенсивной химизацией в сельском хозяйстве, показали полное экологическое благополучие почв и растительного сырья, в отношении загрязнения сим-триазиновыми пестицидами. Полученные результаты анализов образцов почв и растительного сырья на содержание остаточных пестицидов соответствуют строгим требованиям органического земледелия, что создает предпосылки для развития органического растениеводства и сертификации дикорастущего и культивируемого лекарственного растительного сырья как экологически чистого, что позволяет позиционировать регион как благоприятную зону для фармакопейного сырьевого производства.

**Ключевые слова:** Ростовская область, агроценозы, лекарственное растительное сырье, сим-триазиновые пестициды

**Для цитирования:** Павлова Ю. А., Дьякова Н. А. Экологическая оценка загрязнения сим-триазиновыми пестицидами лекарственного растительного сырья агроценозов Ростовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2025. Т. 25, вып. 4. С. 454–462. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-4-454-462>, EDN: WGIXXO

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)



Article

**Ecological assessment of contamination of agroce-noses of Rostov region with sim-triazine pesticides of medicinal raw materials**

Yu. A. Pavlova, N. A. Dyakova ✉

Voronezh State University, 1 University pl., Voronezh 394006, Russian

Julia A. Pavlova, u.a.selivanova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1204-927X>

Nina A. Dyakova, Ninochka\_V89@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>

**Abstract.** The purpose of this study was an environmental assessment of the contamination of medicinal plant raw materials of the Rostov region with sim-triazine pesticides. The objects of the study were pharmacopeial plant species, widespread in the Southern Federal District, which are characteristic representatives of both natural plant communities and synanthropic vegetation, as well as soil. The content of sim-triazine pesticides: atrazine, simazine, promethrin in soil and plant samples was determined. The content of pesticides in plant samples and soil samples was determined using the Chromatec-Crystal-5000 analytical chromatograph. The results of the study of samples taken in the territories of the most representative agroce-noses of the Chertkovsky and Tsimlyansk districts of the Rostov region, characterized by intensive chemicalization in agriculture, showed the complete ecological well-being of soils and plant materials in relation to pollution with sim-triazine pesticides. The obtained results of analyses of soil and plant raw material images for residual pesticide content meet the strict requirements of organic farming, which creates prerequisites for the development of organic crop production and certification of wild and cultivated medicinal plant raw materials as environmentally friendly, which makes it possible to position the region as a favorable zone for pharmacopeial raw material production.

**Keywords:** Rostov region, agroce-noses, medicinal plant raw materials, sim-triazine pesticides

**For citation:** Pavlova Yu. A., Dyakova N. A. Ecological assessment of contamination of agroce-noses of Rostov region with sim-triazine pesticides of medicinal raw materials. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2025, vol. 25, iss. 4, pp. 454–462 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2025-25-4-454-462>, EDN: WGIXXO

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

**Введение**

Актуальной мировой эколого-гигиенической проблемой являются увеличивающиеся темпы нарастания разнообразия и количества применяемых пестицидов [1, 2]. В соответствии с определением ВОЗ, к пестицидам относятся химические соединения, используемые для борьбы с вредоносными организмами: фунгициды, инсектициды, гербициды, дефолианты, десиканты, зооциды, а также химические соединения, применяемые для регуляции роста растений, обработки сельскохозяйственной продукции до или после заготовки с целью увеличения сроков хранения [3, 4]. В силу ограничения и/или запрета применения ряда пестицидов существует понятие «остаточные пестициды», к которым относятся вещества, включающие в себя в качестве примеси остаточное количество пестицидов или любые их производные. Остаточные пестициды способны аккумулироваться в лекарственном растительном сырье (ЛРС) из почв, воды, а также при обработке семян растений, при их выращивании и хранении [5, 6].

Государственной фармакопеей на настоящее время нормируется содержание в ЛРС в общей сложности 69 пестицидов [7]. Они относятся преимущественно к 3 классам: хлорорга-

нические, фосфорорганические и производные сим-триазина [8]. Уступая по токсичности современным фосфорорганическим пестицидам, хлорорганические ядохимикаты способны длительное время находиться и циркулировать в неизменном виде в почве, растениях, живых организмах [9]. Относительно персистентными являются и сим-триазиновые пестициды [10].

Для повышения производственного потенциала растениеводческой отрасли количество химических удобрений и пестицидов увеличивается ежегодно в геометрической прогрессии [11, 12]. Известно, что в 2015 г. использование минеральных удобрений в России достигало 2 млн т в год, в 2020 г. – 4 млн т, а к концу 2025 г. планируется достичь уровня применения минеральных удобрений в 8 млн т [13, 15].

Ростовская область, как один из крупнейших аграрных регионов России, ежегодно обрабатывает пестицидами около 5 млн га земель, включая территории, прилегающие к местам заготовки дикорастущих лекарственных растений. В Ростовской области функционирует свыше 1200 сельскохозяйственных организаций и более 8000 фермерских хозяйств, использующих пестициды и ядохимикаты. По площади сельскохозяйственных угодий (8,5 млн га) Ростовская область занимает второе



место среди субъектов Российской Федерации, при этом по плодородию почв – лишь десятое. При общей площади пахотных земель более 5,9 млн га (данные на 2022 г.) регион является одним из лидеров по приросту применения минеральных удобрений, который составляет 10% в год (по данным на 2023 г.), а в период за 2020–2023 гг. их использование возросло на 60%. Значительно увеличилось внесение и органических удобрений, что связано с прогрессирующей за последние 30 лет деградацией почвенного плодородия в силу значительного снижения содержания гумуса в почвах [16, 17].

По данным территориального управления Россельхознадзора на 2024 г. после проведения внеплановых выездных проверок в регионе выявлено нарушение применения пестицидных и других агрохимических веществ. В 2024 г. выявлены случаи использования запрещенных пестицидов, что повышает риски контаминации дикорастущего ЛРС. За 2024 г. региональным управлением Россельхознадзора по Ростовской области было вынесено более 2 тысяч предостережений о недопустимости нарушения обязательных требований и составлено 14 протоколов об административных правонарушениях, а также аннулировано более 900 деклараций о соответствии растениеводческой продукции [16, 17].

В частности, в Цимлянском районе выявлено применение инсектицидов 1-го и 2-го класса опасности с превышением нормы расхода. Более 1600 производителей сельскохозяйственной продукции Ростовской области не подтвердили соответствующим образом в информационной системе фактическое и планируемое применение пестицидов и агрохимикатов, а более 400 производителей сельскохозяйственной продукции вовсе не зарегистрированы в информационной системе отслеживания применения ядохимикатов [17].

Также неоднократно появлялись сообщения о проблемах применения пестицидов и агрохимикатов в Чертковском районе Ростовской области, которые, по данным УФС Россельхознадзора региона, приводили не только к загрязнению растительной продукции, но и к массовой гибели пчел. Проблемы возникали при обработке сельскохозяйственных угодий пестицидами без соблюдения требований их безопасного применения (не в вечерние, а в утренние часы) [17].

Превышение норм содержания пестицидов в Ростовской области зафиксировано не только в почве и культивируемых культурах. Начи-

ная с 60-х гг. прошлого столетия отмечается превышение норм содержания пестицидов в различных водоемах региона. Загрязнение происходит за счет вымывания с сельскохозяйственных полей водами поверхностного стока и оросительных систем вносимых ядохимикатов [18]. Современные агроэкосистемы Ростовской области характеризуются устойчивым загрязнением пестицидами различных химических классов, представляющим особую опасность для ЛРС.

По данным Министерства природных ресурсов и экологии Ростовской области, сим-триазиновые пестициды характеризуются многолетним применением на территории региона [18]. Сим-триазиновые гербициды (атразин, симазин и прометрин) в почве сохраняются длительное время (периоды полураспада варьируют до года). В результате биохимических превращений подвергаются окислительному дезалкилированию, образуя соединения более токсичные относительно исходных. Коэффициенты их сорбции варьируют от 100 до 300 мл/г. Атразин, симазин и прометрин являются классическими примерами компромисса между сельскохозяйственной выгодой и экологическими издержками. Их роль как стойкого загрязнителя почв и вод с доказанным негативным воздействием на живые организмы служит важной причиной пристального внимания и контроля за его применением и содержанием в объектах окружающей среды [9, 10, 12, 13, 15].

Атразин (2-хлор-4-этиламино-6-изопропиламино-1,3,5-триазин) – это мощный и эффективный гербицид, синтезированный в 1950-х гг. Он стал одним из наиболее широко применяемых в мире пестицидов для борьбы с двудольными и злаковыми сорняками в сельскохозяйственных системах, основанных на кукурузе, сорго и сахарном тростнике. Несмотря на эффективность, его физико-химические свойства (умеренная растворимость в воде, устойчивость к химическому и микробиологическому разложению) предопределили его судьбу как глобального загрязнителя окружающей среды. Атразин является ингибитором фотосистемы II. Селективность у устойчивых культур (кукуруза, сорго) обусловлена детоксикацией путем ферментативного гидроксилирования нерадикальным ферментом – глутатион-S-трансферазой, в то время как чувствительные растения не обладают такой способностью. Наиболее значимый аспект токсичности атразина – его влияние на эндокринную систему. Атразин индуцирует



экспрессию гена ароматазы, фермента, конвертирующего андрогены в эстрогены. Канцероген (группа 3). Период полураспада в почве составляет до 261 дня в зависимости от условий. ЕС полностью запретил использование атразина в 2004 г. В США атразин разрешен, но с ограничениями для защиты водных экосистем. В России и странах СНГ атразин разрешен к применению и широко используется в сельском хозяйстве, особенно при выращивании кукурузы, однако его использование регламентируется санитарными правилами и нормами [12, 15, 19, 20].

Симазин (2-хлор-4,6-бис(этиламино)-1,3,5-триазин) является хлорсодержащим гербицидом из класса триазинов, открытым в 1950-х гг. Изначально его широко использовали в сельском и лесном хозяйстве, его применение сократилось в многих странах из-за высокой стойкости и способности загрязнять грунтовые воды, однако он остается важным объектом изучения как эталонный ингибитор фотосинтеза и модельный загрязнитель. В растениях является ингибитором фотосистемы II. Обладает почвенной активностью и поглощается в основном корнями. Симазин и его метаболиты могут проявлять эндокринно-разрушающую активность, хотя его эндокринно-разрушающий потенциал выражен слабее, чем у атразина. Канцероген (группа 3). Его период полураспада в почве может составлять до 150 дней и более. В ЕС симазин был исключен из списка разрешенных пестицидов в 2004 г. В США разрешен преимущественно для несельскохозяйственных целей: на промышленных объектах, железнодорожных путях, в питомниках декоративных растений. В России и странах СНГ симазин разрешен к применению и широко используется в сельском хозяйстве, особенно при выращивании кукурузы и злаковых. Также симазин нашел применение в аквакультуре для борьбы с водорослями в прудах для разведения рыбы [9, 12, 13, 15, 21].

Прометрин (2,4-бис(изопропиламино)-6-метилтио-1,3,5-триазин) является гербицидом из класса метилтиотриазинов. Ключевое структурное отличие от атразина и симазина – замена атома хлора на метилтиогруппу. Это изменение придает ему уникальные свойства: большую липофильность и, как следствие, лучшую листовую активность, а также иную избирательность и поведение в окружающей среде. Механизм действия, как и у других триазинов, заключается в ингибировании фотосистемы II. Прометрин обладает как почвенной, так и листовой активностью. Благодаря большей липофильности,

прометрин может легче проникать через биологические мембраны. Обладает эндокринно-разрушающей активностью. Прометрин и его метаболиты могут связываться с эстрогеновыми рецепторами, хотя его потенциал ниже, чем у атразина. Канцероген (группа 3). Характеризуется высокой стойкостью. Его период полураспада в почве составляет до 180 дней, а в некоторых условиях может достигать и года. В ЕС прометрин был запрещен для использования с 2004 г. В США разрешен к применению на культурах, где сложно найти замену, а также на несельскохозяйственных землях. В России и странах СНГ прометрин используется преимущественно на устойчивых культурах (морковь, петрушка, сельдерей), а также подсолнечнике и кукурузе [9, 12, 13, 15, 22, 23].

Ростовская область является важным поставщиком растительного сырья не только на продовольственные, но и на фармацевтические рынки России [24, 25]. В связи с интенсивным развитием химизации в сельском хозяйстве в рамках Ростовской области происходит сокращение площадей естественных экотопов и формирование эдафотипов растений, приспособляющихся к антропогенной нагрузке [26–28]. Поэтому экологическая оценка загрязнения сим-триазиновыми пестицидами растительных ресурсов синантропной флоры региона является значимой задачей.

Таким образом, актуально проведение масштабного скрининга на остаточные сим-триазиновые пестициды дикорастущего ЛРС в наиболее критичных районах Ростовской области (ключевых местах производства растительной продукции и применения ядохимикатов) – Чертковском и Цимлянском районах. В соответствии с ОФС.1.5.3.0011.15 [7] содержание остаточных пестицидов определяется в культивируемом ЛРС, поэтому для оценки экологического состояния почв и растительных ресурсов Ростовской области были выбраны учетные площадки, лежащие в агроценозах региона.

*Цель исследования* – экологическая оценка загрязнения сим-триазиновыми пестицидами ресурсов лекарственного растительного сырья Ростовской области.

## Материалы и методы

Отбор образцов проводился в 2023 г. на территории агроценозов Чертковского и Цимлянского районов, типичных для региона зон с





высоким уровнем химизации сельского хозяйства. В каждом агроценозе выбирали 5 опытных площадок. Для исследований использовали объединенные пробы.

В качестве объектов исследования были выбраны наиболее репрезентативные представители как естественных фитоценозов, так и синантропной флоры, заготавливаемые преимущественно от дикорастущих особей Ростовской области [29, 30]. Для объективности и комплексности исследования при выборе объектов учитывали необходимость изучения видов растительного сырья, включающих разные органы или части растений. Исследовали следующие растительные объекты:

- горца птичьего трава (*Polygoni avicularis herba*);
- полыни горькой трава (*Artemisia absinthium herba*);
- подорожника большого листья (*Plantaginis majoris folia*);
- лопуха большого листья (*Arctii folia*);
- одуванчика лекарственного корни (*Taraxaci officinalis radices*);
- лопуха большого корни (*Arctii radices*).

Для оценки аккумуляции экотоксикантов из почвы параллельно с растительными образцами на каждой пробной площадке отбирались пробы почвы с глубины 0–20 см. Отбор почвенных проб регламентировался ГОСТ Р 58595-2019 и производился по методу «конверта» с применением почвенного ножа. Каждая объединённая проба состояла из 5 точечных проб (не менее 200 г каждая).

Заготовка растительного сырья выполнялась в соответствии с требованиями ГФ XIV в сухую погоду. Надземные части (трава горца птичьего, полыни горькой, листья подорожника и лопуха) собирали в фазе начала цветения с использованием режущего инструментария. Подземные органы (корни лопуха большого) заготавливали в конце вегетационного периода (сентябрь) с последующей отмывкой от почвенных частиц и механическим измельчением. Сушка осуществлялась естественным путем в условиях теневого проветриваемого помещения [7, 30]. Проба ЛРС для определения остаточных пестицидов выделялась методом квартования из объединенной пробы. Для каждого определения использовали 10,0 г измельченного испытуемого ЛРС.

Исследование образцов проводилось на газовом хроматографе многократно-циклического

действия «Хроматэк-Кристалл-5000». Регистрация и интерпретация хроматографических сигналов выполнялась с использованием программного обеспечения «Хроматэк Аналитик», которое обеспечивало полный цикл работ: от управления параметрами анализа до сбора, обработки и архивирования полученных данных. Количественное определение целевых аналитов проводилось методом внутреннего стандарта, в роли которого выступали растворы аттестованных стандартных образцов соответствующих пестицидов [7, 31].

Контроль качества обеспечивали с помощью проведения для каждой серии определенных холостого опыта, а также контрольного стандарта (каждые 10 проб). Использовали следующие критерии приемлемости: восстановление 80–120%, совпадение времен удерживания  $\pm 0,1$  мин, соответствие ионных соотношений  $\pm 15\%$ . Анализ осуществлялся с тремя параллельными опытами, допускаемые расхождения определения определяли при доверительной вероятности 95%.

## Результаты и их обсуждение

На территории обследуемых агроценозов Ростовской области (таблица) содержание остаточных пестицидов в образцах почв и растительного сырья не превышает существующих предельно допустимых количеств [32, 33].

Результаты исследований образцов почв показали отсутствие сим-триазиновых пестицидов в анализируемом материале: содержание атразина, симазина, прометрина составило менее 0,001 мг/кг, что соответствует порогу чувствительности методики. При данном уровне загрязнения пестицидами растениеводческая продукция, выращенная на территории обследованных районов, будет соответствовать требованиям гигиенической безопасности и санитарным нормам.

Исследования качества ЛРС показали аналогичную экологическую безопасность: во всех исследуемых растительных образцах Чертовского и Цимлянского районов содержание сим-триазиновых ядохимикатов не выявлено. Их концентрации лежали ниже предела количественного определения методики.

Таким образом, проведенные исследования подтверждают экологическую безопасность растениеводческой продукции Ростовской области в отношении сим-триазиновых пестицидов.



Результаты количественного определения в образцах растительного сырья и пробах почв агроценозов Ростовской области  
сим-триазиновых пестицидов, мг/кг  
Table. Results of quantitative determination of sim-triazine pesticides in samples of plant raw materials and soil samples  
of agrocenoses in the Rostov region, mg/kg

Пробная площадка / Test site	Ядохимикат / Pesticide	Почва / Soil	Растительное сырье / Vegetable raw materials					
			Горца птичьего травы / Mountain bird grass	Лопуха большого корни / Big plantain leaves	Лопуха большого листья / Burdock common leaves	Одуванчика лекарственного корни / Dandelion medicine roots	Подорожника большого листья / Big plantain leaves	Поляны горькой травы / Bitter wormwood grass
Чертовский район / Chertkovsky district	Атразин / Atrazine	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Симазин / Simazin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Прометрин / Promethrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Цимлянский район / Tsimlyansky district	Атразин / Atrazine	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Симазин / Simazin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	Прометрин / Promethrin	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
ПДК [27, 28] / Maximum Allowable Concentrations	Атразин / Atrazine	0,5 (транслокационный / translocation)	Не нормируется / Not rated					
	Симазин / Simazin	0,2 (транслокационный / translocation) 0,01 (фитосанитарный / phytosanitary)	0,01 (чай / tea), 0,02 (дикорастущие ягоды / wild berries)					
	Прометрин / Promethrin	0,5 (транслокационный / translocation)	0,1 (зерновые культуры / cereals) 0,02 (травы (зелень) / herbs (greens))					



## Заключение

Проведены эколого-гигиенические исследования загрязнения ресурсов дикорастущего растительного сырья агроценозов Ростовской области сим-триазиновыми ядохимикатами. На примере одних из наиболее важных агроценозов региона с высоким уровнем химизации в сельском хозяйстве подтверждено экологическое благополучие верхних слоев почв, а также растительных объектов, в отношении загрязнения сим-триазиновыми пестицидами. Полученные результаты создают предпосылки для развития органического растениеводства и сертификации дикорастущего и культивируемого ЛРС как экологически чистого в отношении сим-триазиновых гербицидов.

Для поддержания экологической безопасности необходимо работать над внедрением системы постоянного экологического контроля, разработкой региональных программ по защите почв, созданием банка данных по остаточным пестицидам. Актуальной задачей следует считать внедрение ГИС-технологии для картирования загрязненных территорий и оптимизации заготовок растительной продукции, в частности, ЛРС.

## Список литературы

1. Дьякова Н. А. Особенности накопления хлорорганических пестицидов в лекарственном растительном сырье Воронежской области // Ульяновский медико-биологический журнал. 2024. № 1. С. 115–129. <https://doi.org/0.34014/2227-1848-2024-1-115-129>
2. Дьякова Н. А., Гапонов С. П., Сливкин А. И. Фармацевтическая экология. СПб. : Лань, 2024. 288 с.
3. Дьякова Н. А., Гапонов С. П., Сливкин А. И. Гигиена и экология человека. СПб. : Лань, 2023. 300 с.
4. Гравель И. В., Иванова Е. А. Требования зарубежных фармакопей к качеству лекарственного растительного сырья по содержанию пестицидов // Фармация. 2010. № 7. С. 50–53.
5. Терешкина О. И., Гуськова Т. А., Рудакова И. П., Самылина И. А. Нормирование остаточных пестицидов в растительном сырье и лекарственных растительных препаратах // Фармация. 2011. № 2. С. 3–5.
6. Терешкина О. И. Нормирование остаточных пестицидов в растительном сырье зарубежными фармакопеями // Фармация. 2012. № 1. С. 50–54.
7. Государственная фармакопея Российской Федерации. Изд. XIV. Т. 2. М. : ФЭМБ, 2018. 1423 с.
8. Дьякова Н. А. Экологическая оценка сырьевых ресурсов лекарственных растений Воронежской области. Воронеж : Цифровая полиграфия, 2022. 264 с.
9. Мельников Н. Н. Пестициды. Химия, технология и применение. М. : Химия, 1987. 712 с.
10. Лазарев Н. В., Левина Э. Н. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Органические вещества. Л. : Химия, 1976. 592 с.
11. Дьякова Н. А., Самылина И. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П., Кукуева Л. Л., Мындра А. А. Анализ загрязненности лекарственного растительного сырья Воронежской области наиболее опасными пестицидами // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2015. № 3. С. 112–115.
12. Тулакин А. В., Механтьева Л. Е., Куропан С. А. Гигиена окружающей и производственной среды предприятий минеральных удобрений. М. : Истоки, 2007. 220 с.
13. Чубирко М. И., Мамчик Н. П., Механтьев Л. Е. Гигиенические проблемы применения пестицидов // Гигиена: прошлое, настоящее, будущее. 2001. № 1. С. 239–240.
14. Делова О. В., Денисенко В. И. Гигиеническая оценка факторов окружающей среды и риска для здоровья населения // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2010. № 4. С. 810–813.
15. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. URL: <https://www.atsdr.cdc.gov> (дата обращения: 06.08.2025).
16. Управление Роспотребнадзора по Ростовской области. URL: <https://61.rospotrebnadzor.ru/> (дата обращения: 26.07.2025).
17. Федеральное государственное бюджетное учреждение государственный центр агрохимической службы «Ростовский». URL: <https://gcas-rostovskiy.orgs.biz/> (дата обращения: 26.07.2025).
18. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2023 году» / под общ. ред. М. В. Фишкина. Ростов н/Д : Принт, 2024. 372 с.
19. Solomon K. R., Carr J. A., Du Preez L. H., Giesy J. P., Kendall R. J., Smith E. E., Van Der Kraak G. J. Effects of atrazine on fish, amphibians, and aquatic reptiles: A critical review // Critical Reviews in Toxicology. 2008. Vol. 38, № 9. P. 721–72. <https://orcid.org/10.1080/10408440802116496>.
20. Hayes T. B., Collins A., Lee M., Mendoza M., Noriega N., Stuart A. A., Vonk A. Hermaphroditic, demasculinized frogs after exposure to the herbicide atrazine at low ecologically relevant doses // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2002. Vol. 99, № 8. P. 5476–80 <https://orcid.org/10.1073/pnas.082121499>
21. Durand G., Barceló D. Comparative metabolism of atrazine and simazine in rats // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1990. № 38. P. 123–145.



22. Ebert E., Rensen H. G. K., Jansen H. J. Metabolism of the herbicide prometryne in plants and soil // *Weed Research*. 1970. Vol. 10, № 2. P. 75–84.
23. DeLorenzo M. E., Scott G. I., Ross P. E. Toxicity of pesticides to aquatic microorganisms: A review // *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2001. Vol. 20, № 1. P. 84–98. <https://orcid.org/10.1002/etc.5620200108>.
24. Павлова Ю. А., Дьякова Н. А., Сливкин А. И. Экологическая оценка загрязнения полициклическими ароматическими углеводородами ресурсов лекарственного растительного сырья Ростовской области // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2025. № 2. С. 90–98.
25. Pavlova Yu. A., Slivkin A. I., Dyakova N. A., Vervikina A. A. Study of flavonoid accumulation patterns in common yarrow herb of synanthropic flora in Rostov oblast // *Russian Agricultural Sciences*. 2024. Vol. 50, № 4. P. 418–422. <https://orcid.org/10.3103/S1068367424700460>
26. Селиванова Ю. А., Дьякова Н. А., Вервикина А. А., Сливкин А. И. Изучение содержания посторонних минеральных примесей в лекарственном растительном сырье синантропной флоры Ростовской области // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2022. № 2. С. 90–95.
27. Селиванова Ю. А., Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Вервикина А. А. Исследование общего минерального комплекса лекарственного растительного сырья синантропной флоры Ростовской области // *Вестник Смоленской медицинской академии*. 2022. Т. 21, № 4. С. 205–210. <https://orcid.org/10.37903/vsgma.2022.4.28>
28. Селиванова Ю. А., Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Вервикина А. А. Изучение особенностей накопления флавоноидов травой тысячелистника обыкновенного синантропной флоры Ростовской области // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2023. № 3. С. 107–113.
29. Дьякова Н. А. Методические рекомендации по заготовке лекарственного растительного сырья в Воронежской области. Воронеж : Издательский Дом ВГУ, 2022. 160 с.
30. Куркин В. А. Фармакогнозия. Самара : Офорт, 2004. 1180 с.
31. Клисенко М. А. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. М. : Колос, 1983. 123 с.
32. СанПин 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. URL: <https://docplan.ru/Data2/1/4293855/4293855259.htm> (дата обращения: 15.08.2025).
33. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 15.08.2025).

## References

1. D'yakova N. A. Accumulation of organochlorine pesticides in medicinal plant raw materials of the Voronezh region. *Ulyanovsk Mediko-biological Journal*, 2024, no. 1, pp. 115–129 (in Russian). <https://doi.org/10.34014/2227-1848-2024-1-115-129>
2. D'yakova N. A., Gaponov S. P., Slivkin A. I. *Farmatshevicheskaya ekologiya* [Pharmaceutical ecology]. St. Petersburg, Lan', 2024. 288 p. (in Russian).
3. D'yakova N. A., Gaponov S. P., Slivkin A. I. *Gigiena i ekologiya cheloveka* [Hygiene and human ecology]. St. Petersburg, Lan', 2023. 300 p. (in Russian).
4. Gravel' I. V., Ivanova E. A. Requirements of foreign pharmaceuticals for the quality of medicinal herbal raw materials in terms of the content of pesticides. *Farmacya*, 2010, no. 7, pp. 50–53 (in Russian).
5. Tereshkina O. I., Gus'kova T. A., Rudakova I. P., Samylina I. A. Rationing of residual pesticides in plant raw materials and medicinal herbal preparations. *Farmacya*, 2011, no. 2, pp. 3–5 (in Russian).
6. Tereshkina O. I. Normalization of residual pesticides in raw materials by foreign pharmacopoeias. *Farmacya*, 2012, no. 1, pp. 50–54 (in Russian).
7. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. Izd. XIV. T. 2* [State pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV. Vol. 2]. Moscow, FEMB, 2018. 1423 p. (in Russian).
8. D'yakova N. A. *Ekologicheskaya otsenka syr'yevykh resursov lekarstvennykh rasteniy Voronezhskoy oblasti* [Environmental assessment of raw materials of medicinal plants of the Voronezh region]. Voronezh, Tsifrovaya poligrafiya, 2022. 264 p. (in Russian).
9. Mel'nikov N. N. *Pestitsidy. Khimiya, tekhnologiya i primeneniye* [Pesticides. Chemistry, technology and application]. Moscow, Khimiya, 1987. 712 p. (in Russian).
10. Lazarev N. V., Levina E. N. *Vrednyye veshchestva v promyshlennosti. Spravochnik dlya khimikov, inzhenerov i vrachey. Organicheskiye veshchestva* [Harmful substances in industry. A handbook for chemists, engineers and physicians. Organic matter.]. Leningrad, Khimiya, 1976. 592 p. (in Russian).
11. D'yakova N. A., Samylina I. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P., Kukueva L. L., Myndra A. A. Analysis of the contamination of medicinal growth raw materials of the Voronezh region with the most dangerous pesticides. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2015, no. 3, pp. 112–115 (in Russian).
12. Tulakin A. V., Mekhant'eva L. E., Kurolap S. A. *Gigiena okruzhayushchey i proizvodstvennoy sredy predpriyatiy mineral'nykh udobreniy* [Environmental and industrial health of mineral fertilizer plants]. Moscow, Istoki, 2007. 220 p. (in Russian).
13. Chubirko M. I., Mamchik N. P., Mekhant'ev L. E. Hygienic problems of pesticide use. *Hygiene: Past, Present, Future*, 2001, no. 1, pp. 239–240 (in Russian).





14. Delova O. V., Denisenko V. I. Hygienic assessment of environmental and public health risk factors. *System Analysis and Management in Biomedical Systems*, 2010, no. 4, pp. 810–813 (in Russian).
15. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Available at: <https://www.atsdr.cdc.gov> (accessed October 6, 2021).
16. Office of Rospotrebnadzor in the Rostov region. Available at: <https://61.rospotrebnadzor.ru/> (accessed April 26, 2025) (in Russian).
17. Federal State Budgetary Institution State Center for Agrochemical Service “Rostovsky”. Available at: <https://gcas-rostovskiy.orgs.biz/> (accessed July 26, 2025) (in Russian).
18. *Ekologicheskiy vestnik Dona* “O sostoyanii okruzhayushchey sredy i prirodnikh resursov Rostovskoy oblasti v 2023 godu”. Pod obshch. red. M. V. Fishkina [Fishkin M. V., ed. Ecological Bulletin of the Don “On the State of the Environment and Natural Resources of the Rostov Region in 2023”]. Rostov-on-Don, Print, 2024. 372 p. (in Russian).
19. Solomon K. R., Carr J. A., Du Preez L. H., Giesy J. P., Kendall R. J., Smith E. E., Van Der Kraak G. J. Effects of atrazine on fish, amphibians, and aquatic reptiles: A critical review. *Critical Reviews in Toxicology*, 2008, vol. 38, no. 9, pp. 721–72. <https://doi.org/10.1080/10408440802116496>
20. Hayes T. B., Collins A., Lee M., Mendoza M., Noriega N., Stuart A. A., Vonk A. Hermaphroditic, demasculinized frogs after exposure to the herbicide atrazine at low ecologically relevant doses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2002, vol. 99, no. 8, pp. 5476–5480. <https://doi.org/10.1073/pnas.082121499>
21. Durand G., Barceló D. Comparative metabolism of atrazine and simazine in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1990, no. 38, pp. 123–145.
22. Ebert E., Rensen H. G. K., Jansen H. J. Metabolism of the herbicide prometryne in plants and soil. *Weed Research*, 1970, vol. 10, no. 2, pp. 75–84.
23. DeLorenzo M. E., Scott G. I., Ross P. E. Toxicity of pesticides to aquatic microorganisms: A review. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2001, vol. 20, no. 1, pp. 84–98. <https://doi.org/10.1002/etc.5620200108>
24. Pavlova Yu. A., D'yakova N. A., Slivkin A. I. Environmental assessment of polycyclic aromatic hydrocarbon contamination of medicinal plant raw material resources in Rostov region. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2025, no. 2, pp. 90–98 (in Russian).
25. Pavlova Yu. A., Slivkin A. I., Dyakova N. A., Vervikina A. A. Study of flavonoid accumulation patterns in common yarrow herb of synanthropic flora in Rostov oblast. *Russian Agricultural Sciences*, 2024, vol. 50, no. 4, pp. 418–422. <https://doi.org/10.3103/S1068367424700460>
26. Selivanova Yu. A., D'yakova N. A., Vervikina A. A., Slivkin A. I. Study of content of foreign mineral impurities in medicinal plant raw materials of synanthropic flora of Rostov region. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2022, no. 2, pp. 90–95 (in Russian).
27. Selivanova Yu. A., D'yakova N. A., Slivkin A. I., Vervikina A. A. Study of the general mineral complex of medicinal plant raw materials of synanthropic flora of the Rostov region. *Vestnik of the Smolensk State Medical Academy*, 2022, vol. 21, no. 4, pp. 205–210 (in Russian). <https://doi.org/10.37903/vsgma.2022.4.28>
28. Selivanova Yu. A., D'yakova N. A., Slivkin A. I., Vervikina A. A. Study of the peculiarities of the accumulation of flavonoids by yarrow grass of the ordinary synanthropic flora of the Rostov region. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2023, no. 3, pp. 107–113 (in Russian).
29. D'yakova N. A. *Metodicheskiye rekomendatsii po zagotovke lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya v Voronezhskoy oblasti* [Methodological recommendations on the preparation of medicinal plant raw materials in the Voronezh region]. Voronezh, Voronezh State University Publ., 2022. 160 p. (in Russian).
30. Kurkin V. A. *Farmakognoziya* [Medicinal plants]. Samara, Ofort, 2004. 1180 p. (in Russian).
31. Klisenko M. A. *Metody opredeleniya mikrokolichestv pestitsidov v produktakh pitaniya, kormakh i vneshey srede* [Methods for determining pesticide microcosts in food, feed and environment]. Moscow, Kolos, 1983. 123 p. (in Russian).
32. SanPiN 1.2.3685-21 *Hygienic Regulations and Requirements for Human Safety and/or Harmlessness of Habitat Factors*. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (accessed April 15, 2021) (in Russian).
33. SanPin 2.3.2.1078-01 *Hygienic Requirements for Food Safety and Nutritional Value*. Available at: <https://docplan.ru/Data2/1/4293855/4293855259.htm> (accessed August 15, 2025) (in Russian).

Поступила в редакцию 01.09.2025; одобрена после рецензирования 13.10.2025; принята к публикации 15.10.2025  
The article was submitted 01.09.2025; approved after reviewing 13.10.2025; accepted for publication 15.10.2025