


DOI: 10.22363/2313-2310-2026-34-2-245-256

EDN: PUXJSB

УДК 332.3:632.95:638.1

Научная статья / Research article

Может ли использование пестицидов представлять угрозу для пчелиных колоний в аграрном секторе

А.Б. Третьякова¹, М.Н. Мукминов¹, Н.Д. Шамаев^{2,3}¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Российская Федерация²МГАВМиБ — МВА имени К.И. Скрябина, Москва, Российская Федерация³ФНЦ — Всероссийский НИИ экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН, Москва, Российская Федерация annatretyackowa@yandex.ru

Аннотация. Интенсификация аграрного производства ведет к росту пестицидной нагрузки и трансформации землепользования. Актуальность работы обусловлена необходимостью интегрированных мер по снижению рисков для насекомых-опылителей, таких как медоносные пчелы. Исследование направлено на комплексную оценку взаимосвязи структуры землепользования, динамики пестицидной нагрузки и пространственного распределения пчеловодства на примере Республики Татарстан за 2020–2024 гг. Используются официальные статистические данные и результаты пространственного геоинформационного анализа с оценкой удельного расхода средств защиты растений и распределения пчелосемей по муниципальным районам. Выявлена территориальная неоднородность пчеловодства и сдвиги в применении пестицидов с ростом гербицидной нагрузки и колебаниями применения инсектицидов. В муниципальных районах выявлены зоны совпадения высокой плотности пчелосемей и интенсивной пестицидной обработки (30–54 % от общей площади сельхозугодий), что создает угрозу пестицидной нагрузки.

Ключевые слова: пестицидная нагрузка, пчеловодство, агроландшафты, средства защиты растений, QGIS, Республика Татарстан

Вклад авторов. Третьякова А.Б. — проведение исследования, концептуализация, визуализация, создание и редактирование рукописи. Мукминов М.Н. — научное руководство исследованием, верификация данных, критический анализ текста. Шамаев Н.Д. — проведение исследования, визуализация, создание и редактирование рукописи, критический анализ текста. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявление об использовании технологий искусственного интеллекта. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

© Третьякова А.Б., Мукминов М.Н., Шамаев Н.Д., 2026

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Заявление о доступности данных. Все данные, полученные в ходе этого исследования, включены в опубликованную статью.

История статьи: поступила в редакцию 03.11.2025; доработана после рецензирования 21.12.2025; принята к публикации 24.02.2026.

Для цитирования: Третьякова А.Б., Мукминов М.Н., Шамаев Н.Д. Может ли использование пестицидов представлять угрозу для пчелиных колоний в аграрном секторе // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2026. Т. 34. № 2. С. 245–256. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2026-34-2-245-256> EDN: PUXJSB

May the use of pesticides pose a threat to bee colonies in the agricultural sector

Anna B. Tretiakova¹, Malik N. Mukminov¹, Nikolai D. Shamaev^{2,3}

¹Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

²Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K.I. Skryabin, Moscow, Russian Federation

³FSC — All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Skryabin and Ya.R. Kovalenko of the RAS, Moscow, Russian Federation

✉ annatretyackowa@yandex.ru

Abstract. The intensification of agricultural production is leading to an increase in pesticide loads and land-use transformation. The relevance of this work is due to the need for integrated risk-reduction measures for insect pollinators such as honeybees. The study is aimed at a comprehensive assessment of the relationship between land use structure, pesticide load dynamics, and the spatial distribution of beekeeping on the case study of the Republic of Tatarstan from 2020 to 2024. To achieve this, official statistical data and spatial geoinformation analysis were used to evaluate the specific consumption of plant protection products and the distribution of bee colonies across municipal districts. Territorial heterogeneity of beekeeping and shifts in the use of pesticides with increasing herbicidal load and fluctuations in the use of insecticides were identified. Areas of high bee density and intensive pesticide use (30-54% of total farmland area) are identified in municipal areas, posing a risk of pesticide loading.

Keywords: agricultural landscapes, pesticide load, beekeeping, plant protection products, QGIS, Republic of Tatarstan

Authors' contribution. *A.B. Tretiakova* — research, conceptualization, visualization, manuscript creation and editing. *M.N. Mukminov* — scientific supervision of the study, data verification, critical analysis of the text. *N.D. Shamaev* — research, visualization, manuscript creation and editing, critical analysis of the text. All authors have read and approved the final version of the manuscript.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

Statement on the use of artificial intelligence technologies. No generative artificial intelligence technologies were used in the creation of this article.

Data availability statement. All data obtained during this study are included in the published article.

Article history: received 03.11.2025; revised 21.12.2025; accepted 24.02.2026.

For citation: Tretiakova AB, Mukminov MN, Shamaev ND. May the use of pesticides pose a threat to bee colonies in the agricultural sector. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2026;34(2):245–256. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2026-34-2-245-256>
EDN: PUXJSB

Введение

Интенсификация аграрного производства существенно увеличивает риски для насекомых-опылителей, в том числе для пчел. Главным образом это происходит за счет изменения структур землепользования и увеличения пестицидной нагрузки [1]. Интенсивные сельскохозяйственные практики могут быть причиной загрязнения техногенного характера [2]. Но, что важнее, они предусматривают широкое и зачастую бесконтрольное применение пестицидов, что может приводить к сокращению численности пчелиных колоний, влиять на биоразнообразие и превалентность их эндо- и эктопаразитов [3–8]. Это, в свою очередь, угрожает продуктивности и качеству сельскохозяйственных культур, а также устойчивости экосистем.

В условиях глобального стремления к обеспечению продовольственной безопасности и повышению аграрной продуктивности Республика Татарстан, как один из ведущих агропромышленных регионов Российской Федерации, демонстрирует устойчивую тенденцию к технологической интенсификации сельского хозяйства¹. Однако рост объемов применения средств защиты растений, трансформация структуры севооборотов и доминирование крупных агроформирований создают новые экологические вызовы [9], особенно в части сохранения биоразнообразия и функциональной целостности агроэкосистем. Особую уязвимость в этом контексте представляют популяции медоносных пчел — ключевых агентов экосистемной услуги опыления, обеспечивающей урожайность до 75 % сельскохозяйственных культур [10]. Несмотря на соблюдение санитарно-гигиенических норм, в регионе сохраняется критическая проблема отсутствия санитарно-защитных зон между обрабатываемыми полями и населенными пунктами, где традиционно размещаются пасеки.

Цель исследования — комплексная оценка взаимосвязи между структурой землепользования, динамикой пестицидной нагрузки и пространственным распределением пчеловодства в Республике Татарстан за 2020–2024 гг. на основе официальной статистики и геоинформационного анализа. Особое внимание уделено выявлению зон экологического конфликта, где высокая плотность пчелосемей совпадает с максимальной интенсивностью применения химических средств защиты растений.

¹ Государственная программа Республики Татарстан «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Республике Татарстан». URL: <https://agro.tatarstan.ru/> (дата обращения: 31.10.2025).

Материалы и методы

В исследовании использованы официальные статистические данные Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан и Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан. Материалы включают сведения о площадях сельскохозяйственных угодий, структуре землепользования, объемах и видах применяемых средств защиты растений, а также статистические данные отрасли пчеловодства.

Количественная оценка интенсивности химической нагрузки на агросистемы рассчитывалась с использованием показателя удельного расхода применения средств защиты растений для сравнительного анализа фитосанитарной нагрузки по годам и классам препаратов. Данный показатель рассчитан как отношение массы действующих веществ к площади обработки и выражен в т/тыс. га [11].

Для пространственного анализа и визуализации региональных различий в развитии пчеловодства была построена тематическая карта с использованием программного обеспечения QGIS 3.44.3. Основой служили административно-территориальные границы муниципальных районов Республики Татарстан. На карте отображено распределение количества пчелосемей по районам, что позволило выявить зоны концентрации пчеловодческой деятельности, а также территории с низким уровнем развития отрасли. Методологически исследование базируется на принципах системного анализа, сравнительной статистики и оценки экологических рисков. Данные интерпретированы в контексте концепции устойчивого землепользования и принципов интегрированной защиты растений.

Результаты

Численность пчелосемей в Республике Татарстан имеет выраженную территориальную неравномерность размещения, что отражает как природно-климатические особенности региона, так и уровень развития пчеловодства как отрасли сельского хозяйства (рис. 1).

Наибольшее количество пчелосемей сосредоточено в Мамадышском, Азнакаевском и Арском районах². Эти территории характеризуются наличием обширных луговых угодий, лесных массивов и разнообразной медоносной базы, что создает благоприятные условия для интенсивного пчеловодства. Значительные объемы пчелосемей также отмечены в Лаишевском, Муслюмовском, Нижнекамском, Альметьевском и Лениногорском районах — зонах с развитой аграрной инфраструктурой и активной поддержкой отрасли на муниципальном уровне. Средние значения характерны для большинства центральных и северных районов республики, что указывает на умеренный, но стабильный уровень развития пчеловодства.

² Реестр пчеловодства Республики Татарстан. URL: <https://agro.tatarstan.ru/reestr-pchelovodstvu-4701889.htm> (дата обращения: 31.10.2025).

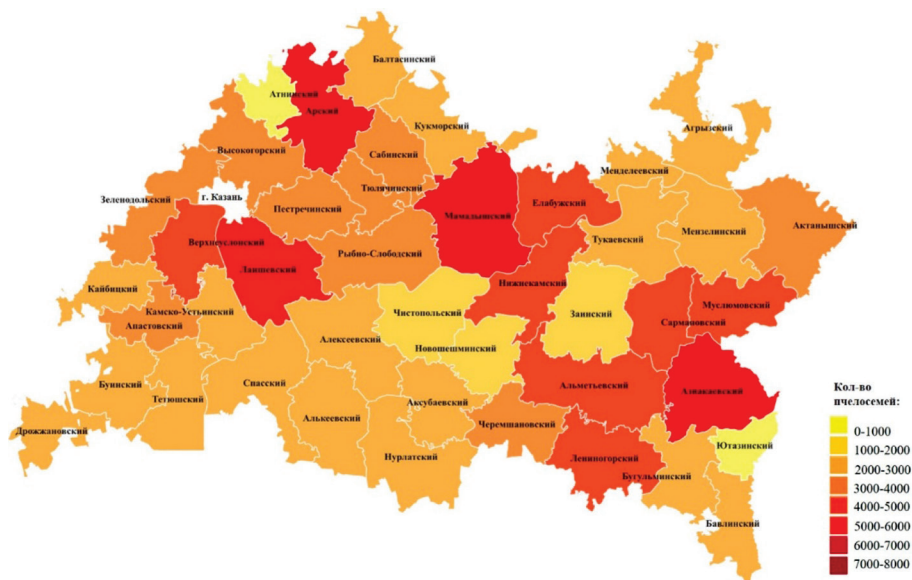


Рис. 1. Распределение численности пчелосемей по муниципальным районам Республики Татарстан
 Источник: составлено А.Б. Третьяковой на основе данных Реестра по пчеловодству Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан.

Параллельно с этим в 2020–2024 гг. в Республике Татарстан сохранялась высокая стабильность общей площади сельскохозяйственных угодий — 4 825,5 тыс. га, при доминирующей роли крупных агропредприятий, контролирующих более 60 % земельного фонда³. Сохранение указанного соотношения на протяжении всего анализируемого периода подтверждает доминирующую роль крупных агропредприятий в управлении земельными ресурсами региона. Несмотря на то, что основная доля земель относится к категории земель сельскохозяйственного назначения, значительные участки эксплуатируются в границах населенных пунктов. Такая многофункциональность землепользования свидетельствует о высокой антропогенной нагрузке на земельный фонд Республики Татарстан, что усложняет реализацию мер экологического регулирования и повышает риски загрязнения окружающей среды.

Ключевым аспектом трансформации агротехнологий стало изменение структуры применения средств защиты растений. Общий объем пестицидов вырос на 58,2 % — с 1 946,5 т в 2021 г. до 3 077,6 т в 2024 г., при этом наблюдалась кардинальная перестройка их видовой структуры (рис. 2).

³ См.: Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2020 году. Казань, 2021. 400 с.; Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2021 году. Казань, 2022. 412 с.; Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2022 году. Казань, 2023. 396 с.; Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2023 году. Казань, 2024. 400 с.; Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2024 году. Казань, 2025. 386 с.

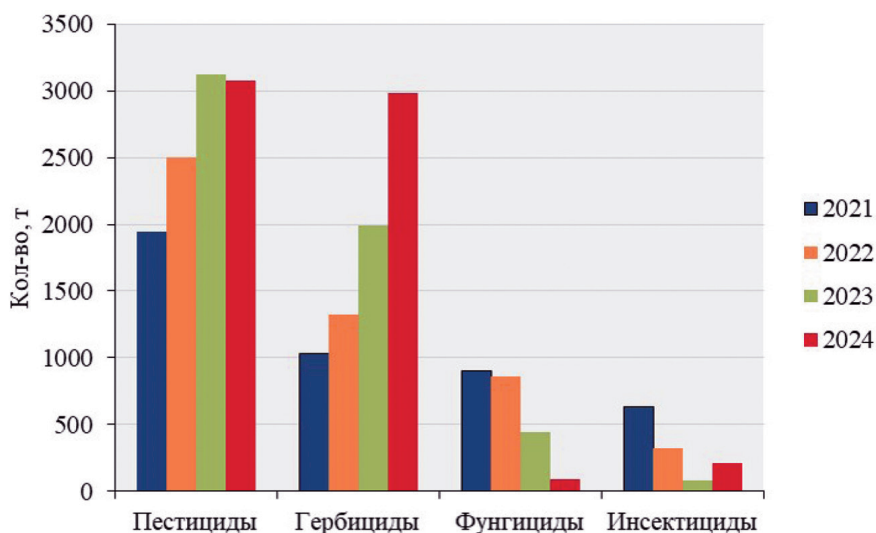


Рис. 2. Динамика объемов применения химических средств защиты растений в сельскохозяйственном производстве Республики Татарстан

Источник: составлено А.Б. Третьяковой на основе анализа данных, представленных в Государственных докладах о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан 2021–2024 гг.

Ключевым трендом является увеличение применения гербицидов, их объем увеличился с 1034,23 т в 2021 г. до 2984,31 т в 2024 г., что свидетельствует о стратегическом смещении фитосанитарных практик в сторону интенсивного химического подавления сорной растительности. Этот рост коррелирует с расширением посевов пропашных культур и изменением структуры севооборотов, требующих более жесткого контроля над сорняками. Также наблюдается резкое сокращение применения фунгицидов — с 903,4 т в 2021 г. до 93,29 т в 2024 г., что указывает на снижение фитопатогенной нагрузки, вероятно, обусловленное внедрением устойчивых сортов, эффективных семенных протравителей и улучшением метеорологических условий вегетационного периода. Схожая тенденция прослеживается и в применении инсектицидов. После снижения с 633,2 т в 2021 г. до 75,52 т в 2023 г. отмечено частичное восстановление до 211,34 т в 2024 г., что может быть связано с локальными вспышками вредителей или переходом на профилактические режимы применения системных препаратов. Структурная перестройка применения средств защиты растений отражает эволюцию агротехнологий в направлении повышения эффективности химической защиты, однако требует дополнительной оценки экологических последствий, особенно в условиях сохраняющегося отсутствия санитарно-защитных зон и высокой антропогенной нагрузки на агроэкосистемы региона⁴.

⁴ Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2024 году. Казань, 2025. 386 с.

Общая площадь обработки пестицидами достигла пика в 2022 г. — 4085,75 тыс. га, после чего резко сократилась в 2023 г. до 2034,05 тыс. га, что свидетельствует о концентрации обработок на меньших территориях, вероятно, с использованием повторных или повышенных дозировок препаратов (рис. 3).

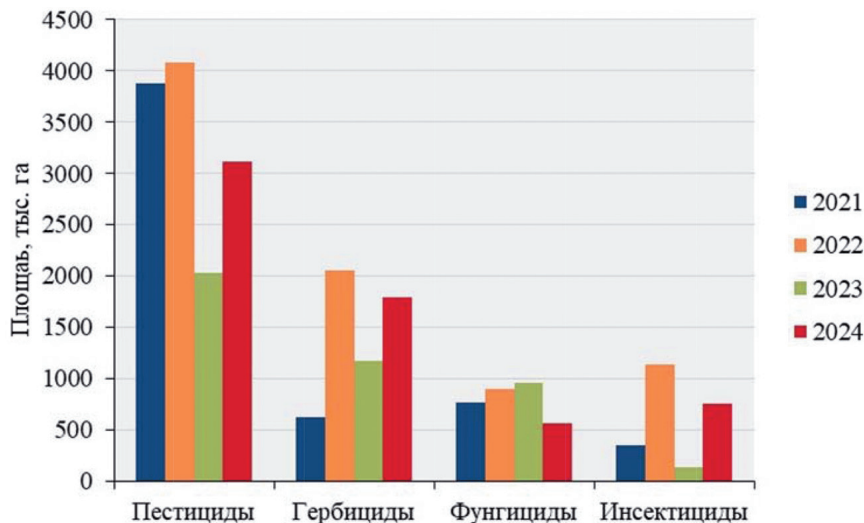


Рис. 3. Динамика площадей обработки химическими средствами защиты растений в сельскохозяйственном производстве Республики Татарстан

Источник: составлено А.Б. Третьяковой на основе анализа данных, представленных в Государственных докладах о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан 2021–2024 гг.

Площадь обработки гербицидами выросла с 626,09 тыс. га в 2021 г. до 2053,95 тыс. га в 2022 г.⁵ В 2023 г. произошло существенное снижение, но к 2024 г. площадь вновь увеличилась до 1794 тыс. га. Фунгицидная нагрузка характеризуется устойчивым снижением. Площадь обработки сократилась с 762,5 тыс. га в 2021 г. до 564,14 тыс. га в 2024 г., что, возможно, свидетельствует о снижении эпифитотической активности. Отсутствие роста площади, несмотря на сохраняющийся объем применяемых препаратов, указывает на повышение точности и целенаправленности обработок [12; 13]. В случае инсектицидов наблюдается высокая волатильность. После роста с 352,2 тыс. га в 2021 г. до 1139,3 тыс. га в 2022 г. произошло резкое падение в 2023 г. до 130,3 тыс. га, с последующим частичным восстановлением до 751,94 тыс. га

⁵ См.: Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2020 году. Казань, 2021. 400 с.; Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2021 году. Казань, 2022. 412 с.; Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2022 году. Казань, 2023. 396 с.; Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2023 году. Казань, 2024. 400 с.; Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2024 году. Казань, 2025. 386 с.

в 2024 г. Это может свидетельствовать о локализации энтомологических угроз, применении целевых биологических методов контроля или переходе на системные препараты с длительным действием, позволяющие ограничивать площади обработки [14; 15]. Показатель удельного расхода пестицидов в целом демонстрирует нелинейную динамику (табл.).

Удельный расход применения средств защиты растений в Республике Татарстан за 2021–2024 год, т/тыс. га

Химическое средство защиты	2021	2022	2023	2024
Пестициды	0,50	0,61	1,54	0,99
Гербициды	1,65	0,65	1,70	1,66
Фунгициды	1,18	0,96	0,46	0,17
Инсектициды	1,80	0,28	0,58	0,28

Источник: составлено А.Б. Третьяковой.

После умеренного роста пестицидов в 2022 г. наблюдается резкий скачок в 2023 г. до 1,54 т/тыс. га, что связано с концентрацией обработок на значительно сократившейся площади, и последующее снижение до 0,99 т/тыс. га в 2024 г. Удельный расход гербицидов оставался стабильно высоким — от 1,65 до 1,70 т/тыс. га, достигнув максимума в 2023 г. и сохранив высокий уровень в 2024 г. В то же время зафиксировано резкое и устойчивое снижение удельного применения фунгицидов — с 1,18 т/тыс. га в 2021 г. до лишь 0,17 т/тыс. га в 2024 г., что указывает на снижение фитопатогенной нагрузки или эффективность профилактических мер. Аналогичная тенденция наблюдается по инсектицидам, их удельный расход сократился с 1,80 т/тыс. га в 2021 г. до 0,28 т/тыс. га в 2022 и 2024 гг., несмотря на кратковременный рост в 2023 г. Пространственное распределение инсектицидной нагрузки в Республике Татарстан неоднородно. Доля площади, обработанной инсектицидами относительно общей площади сельскохозяйственных угодий района, варьирует от 0 до 53,82 % (рис. 4).

Такая широкая амплитуда свидетельствует о высокой локализации энтомологических рисков и существенных различиях в фитосанитарных стратегиях между муниципальными образованиями⁶. Наиболее интенсивная инсектицидная обработка характерна для отдельных юго-восточных и центральных районов республики, где доля обработанных площадей превышает 30–50 %. Эти территории, как правило, специализируются на возделывании пропашных и масличных культур, чувствительных к насекомым-вредителям, и отличаются высоким уровнем агротехнологической интенсификации. В то же время в ряде районов — преимущественно в северных и северо-западных

⁶ Система земледелия Республики Татарстан. URL: <https://agro.tatarstan.ru/sistema-zemledeliya-rt.htm> (дата обращения: 31.10.2025).

зонах — применение инсектицидов либо полностью отсутствует, либо ограничено менее чем 1 % обрабатываемой площади. Подобная практика может быть обусловлена как низкой фитосанитарной нагрузкой, так и переходом к профилактическим или биологическим методам защиты, включая использование системных протравителей и выпуск энтомофагов [16–17]. Средние значения от 5 до 15 % наблюдаются в большинстве районов и отражают умеренный уровень энтомологического давления при сбалансированном применении химических и нехимических мер защиты. При этом пространственный анализ выявляет тревожную тенденцию. Зоны с максимальной инсектицидной нагрузкой пространственно совпадают с районами, где сосредоточено наибольшее количество пчелосемей. Это создает условия для прямого воздействия токсичных препаратов на медоносных пчел и других опылителей, особенно в условиях отсутствия санитарно-защитных зон между сельскохозяйственными угодьями и населенными пунктами.

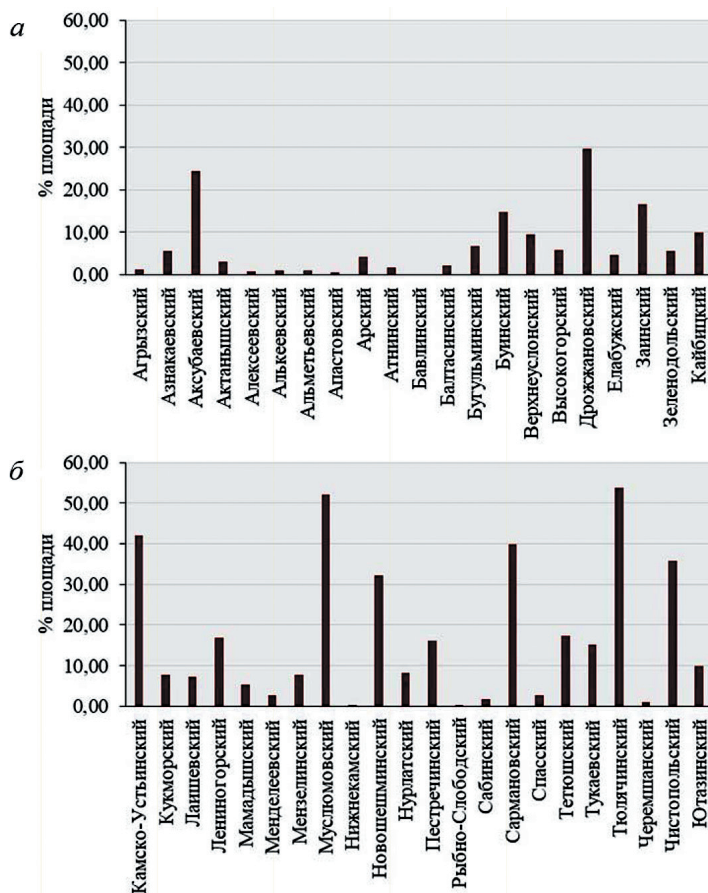


Рис. 4. Пространственное распределение доли площади, обработанной инсектицидами, в структуре сельскохозяйственных угодий муниципальных районов Республики Татарстан, %: а — от Агрызского до Кайбицкого района; б — от Камско-Устьинского до Ютазинского района

Источник: составлено А.Б. Третьяковой на основе анализа данных, представленных в Государственных докладах о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан 2021–2024 гг.

Заключение

Анализ состояния земельных ресурсов и агротехнических практик в Республике Татарстан за 2020–2024 гг. выявил устойчивую тенденцию к интенсификации сельскохозяйственного производства, сопровождающуюся глубокой перестройкой структуры применения средств защиты растений. Особую научную и практическую значимость представляет пространственный анализ, демонстрирующий критическое совпадение зон высокой плотности пчеловодства и интенсивного применения инсектицидов. Наибольшее количество пчелосемей сосредоточено в районах, характеризующихся не только развитой аграрной инфраструктурой, но и максимальными показателями инсектицидной нагрузки — таких как Мамадышский, Азнакаевский, Арский, Сармановский и Тюлячинский районы. В этих территориях доля площадей, обработанных инсектицидами, достигает 30–54 % от общей площади сельхозугодий, что создает потенциально опасные условия для медоносных пчел и других опылителей. Учитывая, что в большинстве районов отсутствуют санитарно-защитные зоны между сельскохозяйственными полями и населенными пунктами, где часто располагаются пасеки, риск токсического воздействия агрохимикатов на нецелевые организмы остается высоким. Несмотря на сокращение объемов инсектицидов в последние годы, их удельная нагрузка в ряде периодов остается значительной.

Список литературы

- [1] *Macri I.N., Moja P.J., Latorre Estivalis J.M., Cristos D.S., Zavala J.A., Farina W.M.* Agricultural intensification impairs behavioral abilities and the expression of genes associated with social responsiveness in honeybees // *One Earth*. 2024. Vol. 7. No. 9. P. 1569–1586. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2024.07.012> EDN: WXBVAW
- [2] *Шамаев Н.Д., Дубина Д.Р., Шуралев Э.А.* Оценка токсичности кадмия и свинца в отношении *Galleria mellonella* с выявлением потенциальных белковых маркеров насекомого // *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта*. Серия: Естественные науки. 2025. № 3. С. 140–146. <https://doi.org/10.5922/vestniknat-2025-3-10> EDN: SAEYYD
- [3] *Шамаев Н.Д.* Методы биотехнологии в изучении экологии и биогеографии медоносной пчелы и решении проблем интенсификации пчеловодства // *Пчеловодство и апитерапия: актуальные вопросы, достижения и инновации : материалы Международной научно-практической конференции, Рыбное, 15–16 декабря 2023 года*. Рыбное : Федеральный научный центр пчеловодства, 2024. С. 194–198. EDN: ISBLYO
- [4] *Киркина Е.Г., Богомолов А.И., Воронежская Е.Е., Макавеева К.А., Мизгурев И.В., Калугев А.В., Плотникова В.Д., Шамаев Н.Д.* Использование альтернативных тест-систем в доклинической практике // *Консультант GLP-Planet 2024*. Мнение фармацевтической отрасли. Санкт-Петербург : Акционерное общество «Научно-производственное объединение «Дом Фармации», 2024. С. 299–319. <https://doi.org/10.57034/978-5-6048955-9-7-s8> EDN: ZBNVUS
- [5] *Шамаев Н.Д., Сальников В.В., Кошпаева Е.С., Сычев К.В.* Увеличение заболеваемости нозематозом вблизи экологического стрессора // *XI Международная конференция*

- молодых ученых: биоинформатиков, биотехнологов, биофизиков, вирусологов, молекулярных биологов и специалистов фундаментальной медицины : сборник тезисов, Научград Кольцово, 24–27 сентября 2024 года. Новосибирск : Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2024. С. 569–570.
- [6] Шамаев Н.Д. Предпосылки существования вариаций врожденного иммунного ответа *Galleria mellonella* // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24. № 11. С. 1492–1501. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-11-1492-1501> EDN: WBXUNI
- [7] Shamaev N.D., Salnikov V.V., Yuzmanova L.A., Shuralev E.A., Mukminov M.N. Regular occurrence of atypically small spores in *Apis mellifera carnica* (Hymenoptera: Apidae), naturally infected with *Nosema* spp. (Microsporidia) // *Invertebrate Zoology*. 2024. 21(4): 478–486. <https://doi.org/10.15298/invertzool.21.4.03> EDN: CYMNHU
- [8] Газетдинов Ф.И., Шуралев Э.А., Шамаев Н.Д. Подбор моделей для агентного моделирования рисков изменения экологии инфекционных заболеваний у медоносной пчелы // Обеспечение безопасности: производственной, пожарной, экологической : материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Ростов-на-Дону, 13–14 ноября 2024 года. Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2025. С. 328–331. EDN: WJOLZB
- [9] Салихов Д.Г., Петров С.В., Шамаев Н.Д., Казарян Г.Г., Гайфутдинова Н.Р., Выборнова И.Б., Мукминов М.Н., Шуралев Э.А. Оценка загрязнения почв тяжелыми металлами в биогеохимических провинциях Республики Татарстан // *Journal of Agriculture and Environment*. 2023. № 8 (36). <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.36.8> EDN: LNCFBW
- [10] Третьякова А.Б., Шамаев Н.Д. Системы мониторинга технологий и оптимизация ухода в современном пчеловодстве // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии : сборник научных трудов. 2025. № 123. С. 92–97. <https://doi.org/10.31016/vet.san.2025-123-17> EDN: RVRCAZ
- [11] Тойгильдина И.А., Тойгильдин А.Л., Еремина С.А. Экотоксикологическая оценка применения пестицидов на территории Ульяновской области // Вестник Ульяновской ГСХА. 2014. № 2 (26). С. 37–44. EDN: SJCFPP
- [12] Хамитова Р.Я., Мирсаитова Г.Т. Современные тенденции в области применения пестицидов // Гигиена и санитария. 2014. № 4. С. 23–26. EDN: TALSHJ
- [13] Хамитова Р.Я., Сабирзянов А.Р., Зиятдинов В.Б. Гигиеническая оценка применения пестицидов и минеральных удобрений в земледелии Республики Татарстан // Казанский медицинский журнал. 2017. Т. 98. № 1. С. 116–121. <https://doi.org/10.17750/KMJ2017-116> EDN: XQTYAH
- [14] Chidawanyika F., Mudavanhu P., Nyamukondiwa C. Biologically based methods for pest management in agriculture under changing climates: challenges and future directions // *Insects*. 2012. Vol. 3. No. 4. P. 1171–1189. <https://doi.org/10.3390/insects3041171> EDN: RLDXUF
- [15] Stalder S., Fracheboud M., Stalder A.-K., Droz B., Chiaia-Hernández A.C., Kast C. Bee bread collected by honey bees (*Apis mellifera*) as a terrestrial pesticide biomarker to complement water studies // *Pest Management Science*. 2025. Vol. 81. No. 3. P. 1400–1411. <https://doi.org/10.1002/ps.8541> EDN: XMFKLT
- [16] Bale J.S., van Lenteren J.C., Bigler F. Biological control and sustainable food production // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2008. Vol. 363. No. 1492. P. 761–776. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2182>
- [17] Duso C., Van Leeuwen T., Pozzebon A. Improving the compatibility of pesticides and predatory mites: recent findings on physiological and ecological selectivity // *Current Opinion in Insect Science*. 2020. Vol. 39. P. 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2020.03.005> EDN: ZOCWYP

Сведения об авторах:

Третьякова Анна Борисовна, аспирант, Институт экологии, биотехнологии и природопользования, Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, Российская Федерация, Казань, ул. Кремлевская, д. 18. ORCID: 0000-0002-0359-4049; eLIBRARY SPIN-код: 3454-1042. E-mail: annatretuyackowa@yandex.ru.

Мукминов Малик Нилович, доктор биологических наук, профессор кафедры прикладной экологии, Институт экологии, биотехнологии и природопользования, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Российская Федерация, 420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 18. ORCID: 0000-0002-5996-0271; eLIBRARY SPIN-код: 9384-9684. E-mail: malik-bee@mail.ru.

Шамаев Николай Дмитриевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, МГАВМиБ — МВА имени К.И. Скрябина, Российская Федерация, 109372, Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23; младший научный сотрудник рабочей группы по выполнению государственного задания в области биотехнологии и вирусологии, ФНЦ — Всероссийский НИИ экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН, Российская Федерация, 109428, Москва, ул. Рязанский проспект, д. 24, к. 1. ORCID: 0000-0002-0575-3760; eLIBRARY SPIN-код: 2602-2764. E-mail: nikolai.shamaev94@mail.ru.