

УДК 632.122.2:631.95

КОНТРОЛЬ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

© 2021 г. А. А. Данилова

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН (СФНЦА РАН)
630501 Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, а/я 356, Россия*

E-mail: Danilova7alb@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.06.2020 г.

После доработки 17.07.2020 г.

Принята к публикации 10.12.2020 г.

Представлен обзор литературы по контролю за остаточными количествами пестицидов в объектах окружающей среды в мире и РФ. Показано, что мировое сообщество к решению проблемы в организационно-правовой сфере подходит с 3-х основных позиций: ограничение доступа к химическим средствам защиты растений (ХСЗР) непрофессиональных пользователей пестицидов, постоянное обучение профессиональных пользователей агрохимикатов, совершенствование законодательства по обороту пестицидов. В научной сфере идет разработка новых формул пестицидов с пониженной дозой применения и относительно коротким периодом жизни в среде, совершенствуются методы определения остаточных количеств (ОК) пестицидов. В обзоре дана информация о положении дел в РФ. Сделан вывод, что официальный контроль за оборотом пестицидов и их ОК в нашей стране крайне ограничен.

Ключевые слова: пестициды, химические средства защиты растений, остаточные количества в среде, контроль за оборотом пестицидов.

DOI: 10.31857/S0002188121030042

ВВЕДЕНИЕ

Общественный и научный резонанс, вызванный отнесением в 2015 г. “гербицида века” глифосата к категории “возможно канцерогенных” [1], еще раз подтвердил актуальность проблемы, связанной с безопасностью применения пестицидов. Осознавая вредность химических средств защиты растений (ХСЗР) для здоровья, мы не можем перестать их применять, поскольку они обеспечивают около половины урожая сельскохозяйственных культур в мире, поскольку обеспечить возрастающее население планеты продуктами питания и сырьем без применения пестицидов практически невозможно [2–4]. Решение проблемы заключается в поиске пестицидов, сочетающих эффективность против вредных организмов с относительно коротким периодом жизни в среде. Установлено, что даже при самой тщательной процедуре применения ХСЗР целевого организма достигает не более 1% препарата [2]. Остальная часть пестицида распределяется в объектах окружающей среды. Отсюда понятно, что контроль за загрязнением среды остаточными количествами (ОК) пестицидов становится одной из актуальных проблем современности.

Цель обзора – на основе анализа имеющейся в открытом доступе официальной информации по применению и остаточным количествам пестицидов в объектах окружающей среды сравнить состояние проблемы в Российской Федерации (РФ) и зарубежных странах.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

По данным на 2017 г., в мире юридически регулируются ОК примерно 19400 пестицидов в почве, 5400 – в воде. ОК пестицидов регламентируются в 12 видах сельскохозяйственной продукции [5]. В обзоре [5] представлен анализ регламентов 102 стран мира, регулирующих ПДК (MRL) 2-х наиболее широко применяемых в мире гербицидов – глифосата и 2.4Д в воде и почве (табл. 1), размах колебания этих величин очень широк. Вероятно, это обстоятельство в какой-то мере отражает различный уровень загрязненности объектов среды в странах мира. Анализ частоты встречаемости различных уровней ПДК показал, что в 70% регламентов по 2.4Д превышает доказанный уровень безопасности препарата для здоровья

Таблица 1. Пределы ПДК (MRL) в почве и питьевой воде для 2.4Д и глифосата по результатам обзора регламентов в 102 странах мира [5]

Пестицид	А*	ПДК в почве, мг/кг		А*	ПДК в питьевой воде, мг/л	
		min	max		min	max
2.4Д	147	0.04	12000	180	0.0001	30
		Молдова	США шт. Орегон		ЕС	Мексика
Глифосат	93	0.011	36000	122	0.0001	28
		Молдова	США шт. Техас		ЕС	ВС США

*А – количество регламентов, принятых в мире.

людей. Для глифосата эта величина составляет $\approx 30\%$. Далее авторы рассчитали соответствие регламентированных доз гигиеническим нормам потребления этих пестицидов людьми за 1 сут. Оказалось, что от 50 (2.4Д) до 70% (глифосат) регламентов превышают гигиенически безопасные нормативы. Отсюда авторы сделали вывод, что законодательные нормативы многих стран не обеспечивают защиту здоровья своих граждан от воздействия этих веществ. Вероятно, высокий фоновый уровень загрязненности среды вынуждает законодателей поднимать уровень ПДК. При этом величина минимальных и максимальных ПДК отдельных пестицидов существенно различаются в разных странах, что еще раз свидетельствует о разном уровне загрязненности среды ОК пестицидов в регионах мира [5].

В этих условиях мировое сообщество предпринимает разносторонние меры для снижения уровня пестицидной нагрузки на объекты окружающей среды. Как показывает анализ литературы, комплекс этих мер можно условно подразделить на 3 группы: 1 – ограничение доступа к пестицидам непрофессиональных пользователей (НПП) – садоводов, домовладельцев, 2 – постоянные тренинги, обучающие профессиональных пользователей (фермеров) соблюдать регламенты применения ХСЗР, 3 – совершенствование законодательства по обороту пестицидов [6].

Подразделение пользователей пестицидов на профессиональных и непрофессиональных юридически закреплено в известной директиве Европарламента по безопасному применению пестицидов на территории ЕС от 21 октября 2009 г. [7]. Значимость НПП как фактора загрязнения среды связана с тем, что из-за большого их числа доля продаж пестицидов, приходящаяся на этот сегмент, может достигать 25%. По данным [6], например, в Бельгии за счет регулирования ассортимента и форм пестицидов, доступных для НПП, за 2005–2012 гг. удалось снизить пестицидную нагрузку на пользователей на 50, на водные организмы – на 20, на пчел – на 60%. Поэтому благодаря совместным усилиям правительства и

промышленности удается решать важные экологические проблемы.

Как было отмечено в директиве ЕС [7], грамотное использование в профессиональной сфере является важнейшим пунктом безопасного применения пестицидов. Как показали опросы, в 2010 г. 71% европейских фермеров работали с пестицидами только на основе собственного опыта и не имели привычки читать сопроводительные рекомендации по применению препаратов [8]. Осознавая опасность такой тенденции, в ЕС на государственном уровне организуют постоянные тренинги профессиональных пользователей пестицидов с целью строгого соблюдения регламентов применения ХСЗР на основе обучающих программ, разрабатываемых совместно производителями, научными работниками с учетом поведенческих стереотипов практических пользователей.

На основе директивы 1107/2009 [7], Комиссия Европейского парламента по сельскому хозяйству и развитию сельских территорий (AGRI) совместно с комиссией по окружающей среде, общественному здравоохранению и безопасности пищевых продуктов (ENVI) осуществляют контроль за оборотом пестицидов в ЕС. Важной частью этой работы являются регуляция списка применяемых д.в. и устойчивая тенденция сокращения числа последних. Например, с мая 1993 по июнь 2019 г. AGRI отозвала 509 наименований д.в. [9]. Проводится работа по совершенствованию законодательства по обороту пестицидов. В частности, эксперты ЕС предлагают ограничить права разработчиков новых пестицидов в сертификации собственной продукции, передав эти полномочия независимым лабораториям [10]. Проблема эта чрезвычайно сложна из-за пересечения интересов производителей, продавцов и пользователей [11].

Одновременно с этими мероприятиями продолжают научные исследования по совершенствованию методов тестирования ОК пестицидов в объектах окружающей среды (рис. 1). В настоящее время можно выделить основные группы ме-

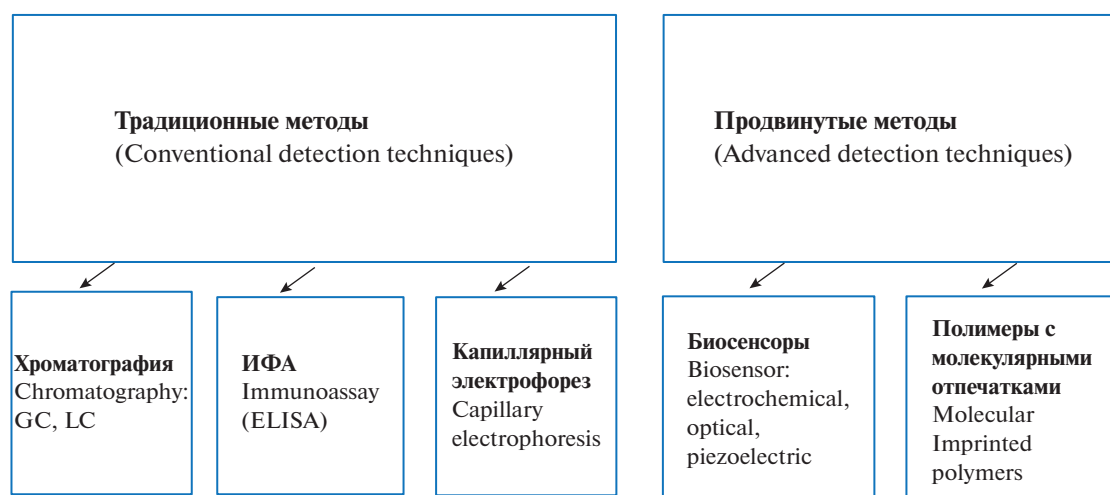


Рис. 1. Основные группы методов для определения остаточных количеств пестицидов в среде и продукции [12].

тодов определения: традиционные (различные виды хроматографии, иммуноферментный анализ (ИФА), капиллярный электрофорез); продвинутые (применение биосенсоров и полимеров с молекулярными отпечатками). Разработка и применение последних тесным образом связана с развитием наноматериалов [12].

Проводятся исследования по усовершенствованию технологий очистки объектов окружающей среды, загрязненных пестицидами (рис. 2). Представлена общая схема существующих в настоящее время способов решения этой проблемы в почве. Всю совокупность этих методов подразделяют на 3 группы: удаление соединения из почвы путем промывки различными реагентами, иммобилизация его при помощи внесения различных сорбентов и разложение пестицида в почве. Два первых подхода обычно используют только в условиях аварийных загрязнений, т.к. при их применении возникают дополнительные проблемы. Например, утилизация промывных жидкостей, или при последующем разложении сорбента в почве пестицид снова становится подвижным. При относительно низких дозах загрязнения, характерных для почв сельскохозяйственного назначения, применяют различные способы разложения загрязнителя на месте. Эти способы в свою очередь подразделяют на химические и биологические [13–15]. Среди химических способов в последние годы интенсивно изучают возможность использования наногранул, нанотрубок, нанокомпозитов. Пока основная проблема, возникающая на пути внедрения этих технологий, заключается в токсичности самих наноматериалов. Однако прогноз остается чрезвычайно оптимистичным [15].

Среди биологических способов детоксикации пестицидов в почве интенсивно развивается третье направление с использованием специализированных микроорганизмов (bioaugmentation). Отобраны из природной среды или выведены генно-инженерными способами микроорганизмы, достаточно эффективно разлагающие определенные группы пестицидов. Однако, согласно обзорной информации по данной теме [14], в настоящее время эти исследования все еще находятся на стадии лабораторных. Дело в том, что микроорганизмы, разлагающие пестицид в чистой культуре, в естественной почвенной среде во многих случаях не могут реализовать свой потенциал. Необходимо также отметить, что применение данного подхода чревато трудно предсказуемыми экологическими последствиями. А именно, остается проблемой прогноз поведения внесенного микроорганизма в объектах окружающей среды [16].

Из всего изложенного следует, пока наиболее доступным для условий реальных агротехнологий остается стимуляция собственной микробиоты почвы. Для этих целей применяют различные источники органического вещества. Понятно, что эти специальные меры не всегда экономически доступны для обычных хозяйств. В этом плане особый интерес представляет возможность использования собственных ресурсов агроценозов (поживных остатков) в повышении самоочищающей способности почвы. В частности, установлено, что для условий лесостепи Западной Сибири в зернопаровых севооборотах ежегодное оставление поживных остатков в количестве 5–6 т/га, что соответствует урожаю зерна 2.5–3.0 т/га, может повысить самоочищающую способность

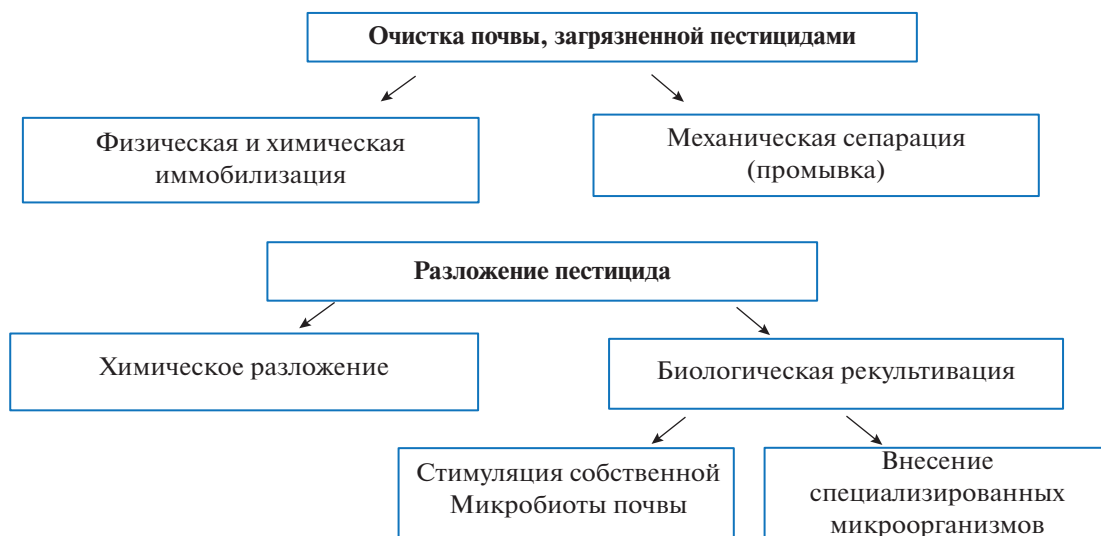


Рис. 2. Основные пути очищения почв, загрязненных остаточными количествами пестицидов по [13].

почвы до 2 раз в сравнении с вариантом, где растительные остатки удаляли с поля. Это мероприятие в условиях выщелоченного чернозема гарантировало полную детоксикацию метсульфурон метила за текущий вегетационный период, что обеспечивало безопасность следующих культур севооборота [17].

Таким образом, мировое сообщество, осознавая необходимость контроля за ОК пестицидов в окружающей среде, предпринимает комплексные меры для решения проблемы. Некоторый оптимизм вселяет опыт ЕС, который, как известно, является одним из крупнейших потребителей пестицидов в мире. При этом уровни регламентированных доз пестицидов в окружающей среде в странах ЕС остаются самыми низкими: т.е. эффективный контроль за ОК пестицидов в среде возможен.

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Применение пестицидов в РФ регламентируется 2-мя основными документами: федеральным законом от 19 июля 1997 г. № 109-ФЗ “О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами” [18] и “Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации” [19]. Официальные сведения о состоянии загрязнения пестицидами среды в РФ опубликованы в ежегодных официальных изданиях [20–25].

По состоянию на 2016 г. в РФ используют ≈1200–1500 наименований пестицидов, полученных на основе 200 д.в. [20, 21]. В 2019 г. Россанэпиднадзор опубликовал официальный список ПДК пестицидов, разрешенных в РФ [26]. В регламент включили 603 наименования из всех групп ХСЗР. Величины ПДК, представленные в этом списке, видимо, основаны на величинах, изложенных в международной базе MRL [27], а не на фактических данных, полученных в РФ. В частности, ПДК глифосата в зерне в США составляет 30, в ЕС – 10 мг/кг, в РФ приняли уровень 20 мг/кг. В доступной литературе сведений об ОК глифосата в объектах окружающей среды в РФ не обнаружили.

ДИНАМИКА ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РФ

Согласно данным (табл. 2), закупка и применение пестицидов к 2015 г. по сравнению с дореформенным периодом снизились примерно в 2.6 раза [28]. При этом стабильность тенденции к повышению пестицидной нагрузки на агроценоз в послереформенные годы очевидна. За период 2008–2018 гг. РФ по приросту объема продаж пестицидов занимает первое место в мире [9].

По усредненным показателям, уровень применения ХСЗР в РФ значительно уступает соответствующим показателям развитых стран мира (рис. 3) [29]. Отметим, что эта величина в последние годы практически не изменилась и по итогам 2018 г. составляет для препарата 0.557 кг/га пашни, для д.в – 0.166 кг/га [30], но соответствующие сведения из разных источников несколько разли-

Таблица 2. Динамика поставок и применения пестицидов в России, средние за год для препарата [28]

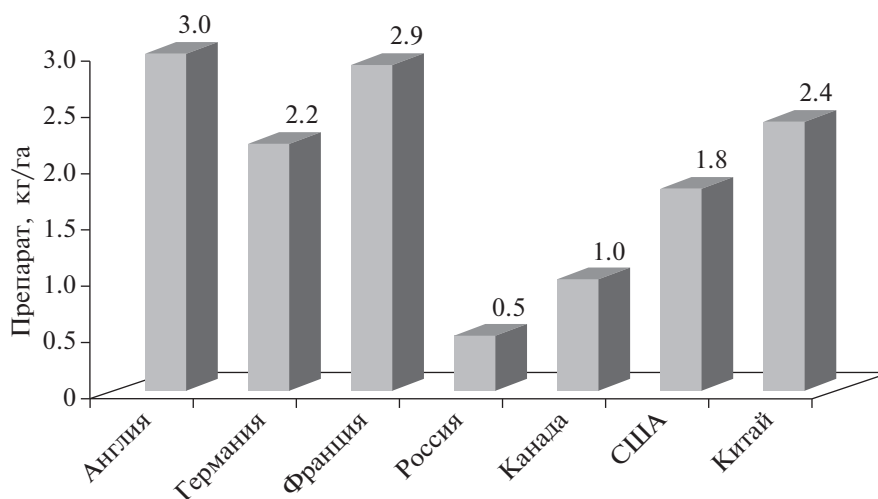
Показатель	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011–2015
Поставлено пестицидов, т	215566	51710	29625	34420	36260	84100
Внесено пестицидов, кг						
на 1 га пашни	1.62	0.40	0.24	0.29	0.31	0.72
на 1 га посевов	1.82	0.47	0.33	0.42	0.47	1.08

чаются. Например, по официальным данным, опубликованным в 2017 г. [20], средний уровень пестицидной нагрузки в агроценозах РФ существенно больше, чем указано в [29] (рис. 4). Вероятно, это связано со спецификой расчетов и полнотой информации, которыми владеют разные авторы. При этом уровень применения пестицидов сильно различается в зависимости от регионов РФ. Он, естественно, больше, где ведется интенсивное сельскохозяйственное производство (табл. 3): средняя пестицидная нагрузка в некоторых регионах РФ достаточно высока и не уступает мировым показателям. В зависимости от типа культуры пестицидная нагрузка на агроценоз может быть даже существенно больше. Например, в виноградниках Тамани средняя пестицидная нагрузка за 2010–2014 гг. составила 26 кг д.в./га/год. При этом в почве были обнаружены остатки 24 пестицидов в количествах, превышающих ПДК в 10 раз [31]. Кроме того, изменение ассортимента выращиваемых культур также может способствовать повышению уровня пестицидной нагрузки на агроценоз. Например, по официальным данным [20], отмечено резкое увеличение применения гербицидов в Республике Алтай: с 0.9 кг/га в 2015 г. до 3.0 кг/га в 2016 г. (по препарату), что бы-

ло связано с увеличением площади посевов рапса. Таким образом, несмотря на низкие показатели средних величин пестицидной нагрузки на почвы РФ, локальная нагрузка может быть достаточно высокой.

Уровень ПДК соответствующих пестицидов в объектах окружающей среды в РФ близок к минимальным показателям в мире. Однако это обстоятельство мало о чем говорит, т.к. систематического контроля ситуации в РФ практически не существует [20–25]. Из 200 наименований д.в., применяемых в РФ, официально контролируется 20 (табл. 4). Причина этого факта ясна: устаревшее оборудование не позволяет отслеживать ОК современных пестицидов. При этом риски загрязнения объектов окружающей среды РФ остаточными количествами пестицидов достаточно высоки и связаны со следующими моментами: с сохранением большой массы пестицидов, вышедших из употребления, интенсификацией производства в крупных агрохолдингах, сопровождающейся избыточным применением агрохимикатов, активный импорт препаратов [28].

Таким образом, судя по официальным документам, систематический официальный контроль за ОК пестицидов в настоящее время в РФ

**Рис. 3.** Средняя пестицидная нагрузка на почвы в странах мира [29].

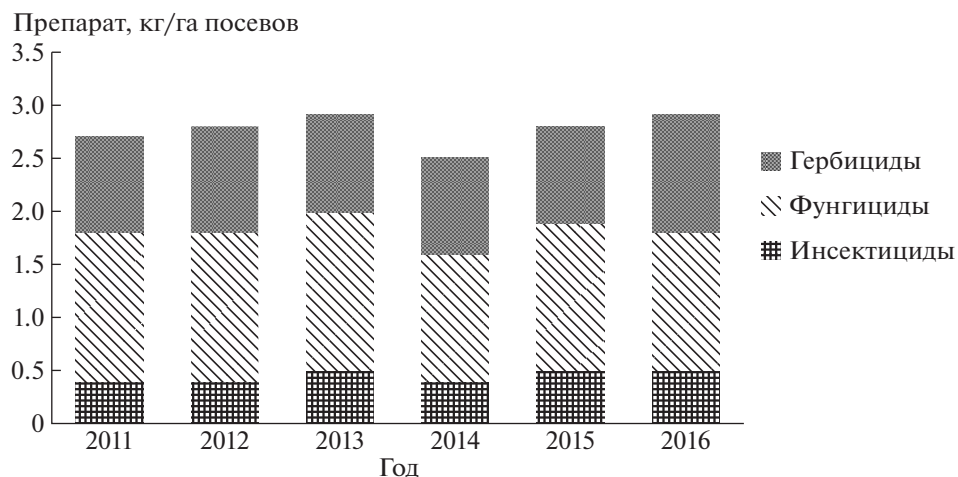


Рис. 4. Доза внесения пестицидов в открытом грунте в 2016 г. [20].

практически не существует. Известно, что Россельхознадзор в 2011 г. был лишен полномочий по контролю за оборотом пестицидов. При этом эта обязанность не была никому передана. В 2019 г. Минсельхоз подготовил документ, на основании которого эти полномочия снова возвращаются в Россельхознадзор [32].

В заключение, при первом приближении можно сравнить ситуацию в РФ с мерами по защите среды от загрязнения пестицидами, предпринимаемыми в мире. Во-первых, в РФ любой непрофессиональный пользователь может купить в свободной продаже широкий спектр ХСЗР и использовать его по собственному усмотрению. При этом ясно, что в этих условиях сложно обеспечить соблюдение регламентов применения препарата. Во-вторых, с обучением профессиональных пользователей сложилась весьма сложная ситуация. Если учесть, что в последние годы в сельскохозяйственных вузах сокращен выпуск специалистов по защите растений, то тех, кто может профессионально обучать сельскохозяйственных производителей, немного. В этом случае не берем в расчет многочисленных менедже-

ров по продаже ХСЗР, цели которых весьма далеки от соблюдения экологических норм. В третьих, как отмечено выше, анализ остаточных количеств пестицидов в объектах окружающей среды — процедура достаточно дорогостоящая и наукоемкая. Из-за недостатка финансовых средств аналитическое оборудование и материалы не обновляются, соответственно, невозможно контролировать ОК современных пестицидов.

Таким образом, создается впечатление, что в РФ проблемы накопления ОК пестицидов в объектах окружающей среды не существует (или пока не существует). Между тем известная проблема снижения урожайности культур севооборота после применения гербицидов группы сульфонилмочевин [33] позволяет предположить, что накопление ОК пестицидов в почвах агроценозов

Таблица 3. Средние нормы применения пестицидов в регионах РФ в 2015 г., по препарату [20]

Субъект Федерации	Норма пестицидов, кг/га
Астраханская обл.	6.5
Республика Дагестан	6.5
Ленинградская обл.	5.4
Волгоградская обл.	≈4
Приморский край	≈4
Хабаровский край	≈4

Таблица 4. Количество пестицидов, контролируемых в компонентах природной среды подразделениями Росгидромета в 2016 г. [21]

Отделение УГМС	Количество пестицидов
Башкирское	5
Верхне-Волжское	7
Западно-Сибирское	11
Обь-Иртышское	6
Приволжское	14
Приморское	6
Северо-Кавказское	14
Уральское	5
Центральное	5
Центрально-Черноземное	2
Всего 20 наименований пестицидов	

РФ все-таки происходит. Именно высокая фитотоксичность ОК сульфонилмочевин заставляет сельхозпроизводителей и ученых искать пути безопасного применения этих гербицидов. Беспокойства относительно ОК других пестицидов, не проявляющих подобную агрессивность, пока не наблюдается. Научная литература по проблемам применения пестицидов в нашей стране преимущественно посвящена поиску новых сочетаний, форм и их эффективности в борьбе с вредными организмами [34]. Актуальность подобных исследований не вызывает сомнений. Однако экологические проблемы, сопровождающие применение ХСЗР, на наш взгляд, не менее актуальны. Недостаточное количество исследований по ОК пестицидов в объектах окружающей среды в РФ имеет объективную причину, связанную с тем, что подобные исследования чрезвычайно сложны и требуют серьезных финансовых вложений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время обеспечение возрастающего населения земли продуктами сельскохозяйственного производства невозможно без применения химических средств защиты растений и продукции. В мире систематически применяют расширяющийся спектр пестицидов. В этих условиях контроль за оборотом пестицидов, регламентом их применения для предотвращения накопления остаточных количеств пестицидов в объектах окружающей среды становится глобальной проблемой современности.

На основе обзора публикаций показано, что мировое сообщество к решению данной проблемы в организационно-правовой сфере подходит с 3-х основных позиций: ограничение доступа к ХСЗР непрофессиональных пользователей пестицидов, постоянное обучение профессиональных пользователей агрохимикатов, совершенствование законодательства оборота пестицидов. В научной сфере идет разработка новых формул пестицидов с пониженной нормой применения и относительно коротким периодом жизни в среде, совершенствуются методы определения ОК пестицидов. В обзоре дана информация о положении дел в РФ. Сделан вывод, что официальный контроль за оборотом пестицидов и их ОК в нашей стране крайне ограничен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *IARC Monograph on Glyphosate* (https://www.iarc.fr/en/.../iarcnews/.../glyphosate_IARC2016).

2. *Odukkathil G., Vasudevan N.* Toxicity and bioremediation of pesticides in agricultural soil // *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 2013. V. 12. P. 421–444.
3. *Tripathia V., Dubeya R.K., Edrisia S.A., Narainb K., Singhc H.B., Singhd N., Abhilasha P.C.* Towards the ecological profiling of a pesticide contaminated soil site for remediation and management // *Ecol. Engin.* 2014. V. 71. P. 318–325.
4. *Verma J.P., Jaiswal D.K.* Pesticide relevance and their microbial degradation: a-state-of-art // *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 2014. V. 13. P. 429–466.
5. *Li Z., Jennings A.* Worldwide regulations of standard values of pesticides for human health risk control: A Review // *Inter. J. Environ. Res. Public Health.* 2017. V. 14. P. 826.
<https://doi.org/10.3390/ijerph14070826>
6. *Fevery D., Houbraken M., Spanoghe P.* Pressure of non-professional use of pesticides on operators, aquatic organisms and bees in Belgium // *Sci. Total Environ.* 2016. V. 550. P. 514–521.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.123>
7. Directive 2009/128/EC, 2009b (Article 4) of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009. Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0001:0050:EN:PDF>
8. *Sacchetti G., Calliera M.* Link practical-oriented research and education: New training tools for a sustainable use of plant protection products // *Sci. Total Environ.* 2017. V. 579. P. 972–977.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.166>
9. *Захаренко В.А.* Использование пестицидов в аграрном секторе России в контексте развития глобальных рынков средств защиты растений // *Агрохимия.* 2020. № 3. С. 43–48.
<https://doi.org/10.31857/S000218812003014X>
10. *Storck V., Karpouzias D.G., Martin-Laurent F.* Towards a better pesticide policy for the European Union // *Sci. Total Environ.* 2017. V. 575. P. 1027–1033.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.167>
11. *Hamlyn O.* Shadow zones: transparency and pesticides regulation in the European Union // *Cambridge Yearbook of European Legal Studies.* 2019. V. 21. P. 243–272.
<https://doi.org/10.1017/cel.2019.15>
12. *Samsidar A., Siddiquee S., Shaarani S.Md.* A review of extraction, analytical and advanced methods for determination of pesticides in environment and foodstuffs // *Trends Food Sci. Technol.* 2018. V. 71. P. 188–190.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.11.011>
13. *Morillo E., Villaverde J.* Advanced technologies for the remediation of pesticide-contaminated soils // *Sci. Total Environ.* 2017. V. 586. P. 576–597.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.020>
14. *Cyco M., Mrozik A., Piotrowska-Seget Z.* Bioaugmentation as a strategy for the remediation of pesticide-polluted soil: A review // *Chemosphere.* 2017. V. 172. P. 52–71.

15. *Rawtani D., Khatri N., Tyagi S., Pandey G.* Nanotechnology-based recent approaches for sensing and remediation of pesticides // *J. Environ. Manag.* 2018. V. 206. P. 749–762.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.037>
16. *Ramakrishna W., Yadav R., Li K.* Plant growth promoting bacteria in agriculture: Two sides of a coin // *Appl. Soil Ecol.* 2019. V. 138. P. 10–18.
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.02.019>
17. *Данилова А.А.* Биодинамика пахотной почвы при различном содержании органического вещества (на примере чернозема выщелоченного Приобья): Монография. Новосибирск: СФНЦА РАН, 2018. 156 с.
18. Федеральный закон от 19 июля 1997 г. № 109-ФЗ “О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами” (с изменениями и дополнениями). <http://base.garant.ru/11900732/>
19. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации”. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71833632/>
20. Состояние загрязнения пестицидами объектов окружающей среды Российской Федерации в 2015 г. Ежегодник. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2016. 72 с.
21. Состояние загрязнения пестицидами объектов окружающей среды Российской Федерации в 2016 г. Ежегодник. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2017. 80 с.
22. Состояние загрязнения пестицидами объектов окружающей среды Российской Федерации в 2017 г. Ежегодник. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2018. 72 с. <http://www.ecoindustry.ru/gosdoklad/view/458.html#>
23. Государственный доклад “О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году”. М.: Минприроды РФ, НИА-Природа, 2016. 639 с.
24. Государственный доклад “О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году”. М.: Минприроды РФ, НИА-Природа, 2017. 700 с.
25. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2018 год. М.: Росгидромет <http://www.meteorf.ru/>, ИГКЭ им. акад. Ю.А. Израэля, <http://downloads.igce.ru/publications/reviews/review2018.pdf>. <http://www.igce.ru/performance/publishing/reports/>
26. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень) ГН 1.2.3538-18 // Бюл. норматив. и метод. документов Россанэпиднадзора. 2019. Вып. 3 (77). С. 7–103.
27. BCGlobal Pesticide MRL Database. <https://www.bryantchristie.com/BCGlobal-Subscriptions/Pesticide-MRLs>
28. *Захаренко В.А.* Анализ рисков химического загрязнения, связанных с химизацией защитных мероприятий при интегрированном управлении фитосанитарным состоянием агроэкосистем // *Агрохимия.* 2017. № 9. С. 3–24.
29. *Михайликова В.В., Стребкова Н.С.* Использование средств защиты растений в Российской Федерации // *Агрохимия.* 2015. № 12. С. 56–59.
30. *Михайликова В.В., Стребкова Н.С., Пустовалова Е.А.* Действующие вещества – основа химической защиты растений // *Агрохимия.* 2020. № 5. С. 44–46. <https://doi.org/10.31857/S0002188120050105>
31. *Воробьева Т.Н.* Научное обоснование эколого-токсикологического мониторинга виноградников при интенсивной технологической нагрузке // *Плодоводство и виноградарство Юга России.* 2016. № 41 (05). С. 1–10. <http://journal.kubansad.ru/pdf/16/05/13.pdf>
32. Сайт Россельхознадзора <https://www.fsvps.ru/fsvps/news/30774.html>
33. *Чкаников Н.Д., Спиридонов Ю.Я., Халиков С.С., Музафаров А.М.* Пути снижения фитотоксичности остатков сульфонилмочевин в почве с помощью антидотов // *Агрохимия.* 2020. № 5. С. 86–96. <https://doi.org/10.31857/S0002188120050063>
34. *Соколов М.С., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П., Каракотов С.Д.* Стратегия фундаментально-прикладных исследований в сфере адаптивно-интегрированной защиты растений // *Агрохимия.* 2018. № 5. С. 3–12.

Control of Pesticide Residuals in the Environment

A. A. Danilova^{a, #}

^a Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the RAS
rented post-office box 356, Krasnoobsk, Novosibirsk region 630501, Russia

[#]E-mail: Danilova7alb@yandex.ru

Presented here is the review of literature on the monitoring of pesticide residuals in the environment in Russian Federation and abroad. To address the problem, the international community enforces three types of policies: limiting the access to pesticides for nonprofessional users, systemically training professional users of agricultural chemicals and upgrading legislation that regulates the circulation of pesticides on the market. Scholars around the world develop novel pesticides that require lower dosages and take less time to disintegrate in the environment. The methods of calculating pesticide residuals are being improved. The review outlines the current state of pesticide usage and regulations in the Russian Federation. It concludes that in the Russian Federation, the official monitoring of pesticide circulation is limited and studies of pesticide residuals in the environment are scarce.

Key words: pesticides, residual levels, environment.