

(,)

Рассмотрена проблема техногенного загрязнения почв сельскохозяйственных угодий. Составные части в решении этой проблемы – научное изучение состояния и поведения токсикантов в почве, мероприятия по контролю уровней и масштабов загрязнения почв, исследования и действия, направленные на восстановление техногенно нарушенных земель. Показаны основные направления и отдельные результаты работ по агроэкомониторингу в агрохимической службе. На примере мероприятий по реабилитации территории Брянской области, пострадавшей в результате аварии на Чернобыльской АЭС, показана возможность взаимодействия агрохимиков и радиоэкологов в решении агроэкологических проблем.

Ключевые слова: агроэкосистемы, техногенное загрязнение, почвы, мониторинг, агрохимслужба, реабилитация земель.

Один из наиболее значимых антропогенных факторов, оказывающих существенное влияние на природные и аграрные экологические системы, – техногенное загрязнение. Выброс и сброс вредных и опасных веществ в атмосферу и водотоки в процессе промышленного производства и техногенных аварий, использование средств химизации в сельскохозяйственном производстве, воздействие на окружающую среду транспорта и коммунальных отходов приводит к накоплению и миграции загрязняющих веществ практически во всех компонентах агроэкосистем. При этом основной депонирующей средой загрязнителей, как правило, является почва. Накопление, а во многих случаях и загрязнение почв тяжелыми металлами, радионуклидами, остаточным количеством пестицидов, нефтью и нефтепродуктами создает проблемы не только для самой почвы, но и для смежных природных сред. Это обстоятельство – весьма существенно для сельскохозяйственных угодий, где почва – средство производства и ее эколого-токсикологическое состояние во многом определяет качество и санитарно-гигиенические показатели получаемой сельскохозяйственной продукции.

Масштабы проблемы, связанной с загрязнением почв химическими токсикантами, весьма значительны. Так, площадь загрязнения почв сельскохозяйственных угодий тяжелыми металлами (ТМ) в Российской Федерации составляет 3,6 млн га. Из них более 3,3 млн га загрязнено особо токсичными и токсичными элементами, относящимися к I и II классам опасности. Загрязнение сельскохозяйственных угодий радиоактивными веществами в результате крупных радиационных аварий на Южном Урале и на Чернобыльской АЭС занимает площадь более 17 млн га. Повышенные количества стойких хлорорганических пестицидов содержат почвы многолетних насаждений, места хранения и захоронения устаревших пестицидов.

Решение проблемы загрязнения почв предполагает комплекс различных мероприятий. Их составные час-

ти – научное изучение состояния и поведения токсикантов в почве, мероприятия по контролю уровней и масштабов загрязнения почв, исследования и действия, направленные на восстановление техногенно нарушенных земель. Важную роль в проводимых исследованиях играют оценка и классификация рисков воздействия техногенных факторов на агроэкосистемы в целом и на почвы в частности. Для получения объективной картины происходящих процессов и состояния агроэкосистем необходима разработка методов оценки устойчивости почв и сельскохозяйственных растений к техногенному воздействию.

Изучение поведения токсикантов в почве позволяет оценивать состояние и прогнозировать уровни загрязнения при различных техногенных нагрузках на территорию. Важные параметры для большинства токсикантов – их миграционная способность и подвижность в почве, коэффициенты перехода из почвы в растения. При изучении радиационного загрязнения почв уделяют внимание нуклидному составу, изотопному соотношению для различных видов загрязнения и различных типов почв. Для органических токсикантов, таких как пестициды, существенное значение имеют их растворимость в воде и летучесть, различные механизмы превращений в почве, образование персистентных метаболитов.

Снижение уровней загрязнения почв и продукции может быть достигнуто проведением различных агротехнических и агрохимических мероприятий. Проводятся исследования, позволяющие оценить эффективность таких приемов, как различные способы обработки почвы, применение минеральных и органических удобрений, химических мелиорантов и др.

Важным инструментом в решении проблемы техногенных загрязнений является агроэкологический мониторинг (АЭМ) почв земель сельскохозяйственного назначения. Он представляет собой комплексную систему наблюдений за состоянием и изменением таких земель, оценки и прогноза последствий воздействия на них природных процессов и производственной деятельности человека, потенциальных и реальных источников загрязнения [1]. Концепция АЭМ и методика его реализации должны обеспечивать, с одной стороны, соблюдение основных принципов организации мониторинга (наблюдение, прогноз состояния, оценка фактического и прогнозируемого состояния, регулирование качества и состояния объекта мониторинга), с другой стороны, – учет специфических особенностей объекта и сферы мониторинга, включая специфику решения природоохранных, производственно-технологических и иных задач.

Примером реализации такого мониторинга в сфере сельхозпроизводства служат работы по АЭМ почв, проводимые до последнего времени подразделениями агрохимической службы. Мониторинг в этом случае осуществляется на трех уровнях: *федеральном* – определе-

ние целей и постановка задач, разработка методологии получения и обработки информации, обобщение данных региональных подразделений, разработка прогнозов и управляющих решений; *региональном* – первичное обобщение исходной информации, выдача сигнальной информации; *локальном* – систематические наблюдения за агроэкологической и радиологической обстановкой.

В агрохимслужбе АЭМ осуществляют преимущественно в виде локального мониторинга, основными задачами которого являются: контроль (наблюдение) за состоянием экосистемы (почва, растение, вода) и оценка изменений во времени и пространстве; прогноз изменения состояния экосистемы; составление рекомендаций по внедрению экологически безопасных технологических приемов в земледелии и направленному регулированию основных режимов в почвах, непосредственно определяющих их плодородие, урожайность и качество сельскохозяйственных культур.

Локальный мониторинг осуществляют, как правило, на реперных участках. Такие участки располагают на типичных сельскохозяйственных угодьях в различных природно-сельскохозяйственных зонах и провинциях, а также на техногенно загрязненных территориях вблизи крупных промышленных предприятий, транспортных магистралей, городов [2].

Показатели, регистрируемые в ходе проведения мониторинга почв сельскохозяйственных угодий и подвергающиеся затем обобщению и анализу, представляют в виде трех отдельных блоков: агрохимического, эколого-токсикологического и радиологического. В ходе АЭМ, наряду с почвами, проводят обследование и растительной продукции. В растениях определяют показатели, характеризующие качество растительной продукции и уровни содержания в ней основных групп загрязняющих веществ. Последние данные позволяют оценить процессы транслокации загрязняющих веществ и уровни возможного аэрального загрязнения растительных объектов. В ходе АЭМ при необходимости проводят сопряженные наблюдения по смежным объектам, например, атмосферным осадкам (снег, дождевые воды) и грунтовым водам.

В оценке и интерпретации результатов АЭМ определяющую роль играет нормативное обеспечение. Эффективность и результативность нормативов допустимого содержания токсикантов в почве сельскохозяйственных угодий зависит от степени их дифференциации и учета условий применения. Например, введение в 80-е гг. прошлого столетия двух значений ПДК в почве для ряда симтриазиновых гербицидов (по транслокационному критерию и критерию фитотоксичности) позволило не только контролировать санитарно-гигиеническую безопасность почв, но и предотвращать возможные потери урожая чувствительных культур вследствие гербицидной фитотоксичности. Разработка ориентировочных допустимых концентраций для ряда ТМ с учетом гранулометрического состава и кислотности почвы дает возможность дифференцировать оценку загрязнения её этими токсикантами [3].

Перечень токсикантов, которые регулярно или эпизодически контролируют в ходе АЭМ, включает различные группы загрязняющих веществ как по химической природе, так и по источникам происхождения. Сюда входят органические (пестициды, регуляторы роста растений, полициклические ароматические углеводороды, нефть и нефтепродукты и др.) и неорганические (ТМ, радионуклиды и др.) токсиканты. Часть из них являются ксенобиотиками (например, пестициды, полихлорбифенилы), другая часть встречается в

природе в естественном состоянии: диоксины, нефть, тяжелые металлы и др.

Традиционная группа токсикантов, контролируемых в агрохимической службе, – тяжелые металлы. Их содержание является важной агроэкологической и санитарно-гигиенической характеристикой почв сельскохозяйственных и растительной продукции. Как показывают результаты многолетних исследований, содержание ТМ в пахотном горизонте почв большинства субъектов РФ находится в пределах ПДК (ОДК). В то же время, на территории ряда субъектов РФ наблюдается повышенная концентрация отдельных металлов в почвах. Такие превышения отмечены для валовых форм практически всех ТМ, хотя их доля, как правило, не превышает нескольких процентов.

При организации и проведении АЭМ различных объектов на содержание остаточных количеств пестицидов на современном этапе учитывают те существенные изменения, которые произошли в ассортименте и объемах применения химических средств защиты растений в сельскохозяйственном производстве. За последние 20 лет объем поставок пестицидов снизился более чем в 3 раза, хотя площади, на которых их применяли, уменьшились лишь в 1,5 раза. Вместе с тем, существенные изменения претерпел ассортимент пестицидов. В настоящее время практически не применяют препараты с негативными эколого-токсикологическими характеристиками (хлорорганические, симтриазины и др.), значительную часть ассортимента представляют современные низкодозовые препараты. Это нашло отражение и в более существенном снижении нагрузки пестицидов на гектар пашни и многолетних насаждений – с 1,6 кг до примерно 0,3 кг. Результаты контроля содержания остаточных количеств пестицидов в почвах сельскохозяйственных угодий РФ, полученные подразделениями агрохимической службы, показывают, что снижение объемов применения пестицидов в земледелии существенно сказалось на уровне загрязнения почв. Доля угодий, на которых содержание остатков пестицидов превышает нормативы, снизилась более чем на порядок.

Восстановление техногенно нарушенных земель имеет большое экологическое и социальное значение. Восстанавливаемые земли и окружающие их территории должны после окончания всех работ представлять собой оптимально сформированный, экономически, экологически и гигиенически сбалансированный ландшафтный участок. Этому вопросу в последние годы уделяют повышенное внимание [4-6]. Для очистки техногенно загрязненных почв используют различные биологические и физико-химические методы. В качестве биометодов применяют биовентиляцию, усиленное биовосстановление почвы, фитовосстановление, обработку загрязненной почвы в биореакторах. Многочисленные физико-химические методы включают технологии отверждения-стабилизации, термические приемы очистки загрязненных почв, их промывание и др. Наглядным примером масштабных мероприятий по реабилитации техногенно загрязненных почв сельскохозяйственных угодий является ликвидация последствий радиационной аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году, которая привела к радиоактивному загрязнению обширных площадей, в том числе на территории РФ.

Система ведения земледелия на загрязненных радионуклидами почвах включает мероприятия, способствующие обеспечению производства сельскохозяйственной продукции с минимальным содержанием радионуклидов. Их накопление в продукции растениеводства можно снижать различными способами, в на-

пример, путем использования различных агрохимических и агротехнических приемов. В комплексе защитных мероприятий в сельскохозяйственном производстве на территориях, подверженных радиоактивному загрязнению, в области земледелия и растениеводства важное место занимают внесение минеральных и органических удобрений, известкование кислых почв и добавление в них различных сорбентов, снижающих доступность радионуклидов для усвоения корневыми системами растений [7].

Специалисты ВНИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова (ныне ВНИИА) и ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии в 1987-1994 гг. проводили радиоэкологические исследования по снижению перехода ^{137}Cs в растениеводческую продукцию. Совместные исследования были проведены в одной из наиболее загрязненных зон после аварии на ЧАЭС – в Новозыбковском районе Брянской области на легких по гранулометрическому составу почвах, на базе Новозыбковского филиала ВИУА. Уникальность этих исследований в том, что радиоактивные выпадения попали на экспериментальные площадки филиала, занятые многолетними опытами по агрохимии, земледелию и растениеводству. В методическом плане это позволило выполнить фактически многофакторное изучение поведения ^{137}Cs в системе почва – растение. Эти работы были выполнены на дерново-подзолистой песчаной почве на базе длительных стационарных опытов с различными сельскохозяйственными культурами.

В результате многолетних исследований установлено, что все мероприятия, направленные на повышение плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, в той или иной мере способствуют снижению перехода ^{137}Cs в конечную продукцию. В частности, было выявлено, что на дерново-подзолистых песчаных почвах, где растения испытывают недостаток магния, необходимо вносить доломитовую муку, более эффективно снижающую накопление ^{137}Cs в товарной продукции.

Уменьшение содержания ^{137}Cs в продукции под действием известкования можно объяснить тем, что при внесении известковых материалов в почву происходит нейтрализация кислотности почвенного раствора, вытеснение катионов водорода из почвенного поглощающего комплекса и насыщение его кальцием, вследствие чего улучшаются физические и химические свойства почвы, повышается её плодородие. Уменьшение кислотности почвенного раствора и увеличение емкости катионного обмена почвы способствуют прочному закреплению ^{137}Cs почвой, в результате чего снижаются подвижность радионуклидов и поступление их в растения.

В серии опытов в Новозыбковском филиале ВИУА изучена роль калийных удобрений в снижении поступления ^{137}Cs из почвы в сельскохозяйственные растения. Проведенные исследования показали, что из минеральных удобрений наибольшее влияние на снижение поступления ^{137}Cs в растения оказывают калийные удобрения как при раздельном их внесении, так и в различных сочетаниях с другими удобрениями. При внесении калийных удобрений происходит изменение соотношения Cs^+/K^+ в почвенном растворе, что увеличивает конкурентное взаимодействие ионов элементов химических аналогов при корневом поглощении растениями, в результате этого поступление ^{137}Cs из почвы в растения уменьшается в 2 – 5 раз. Выявлено, что эффективность действия калийных удобрений зависит не только от форм и доз их внесения, но и от обеспе-

ченности почвы элементами питания. На почвах с высоким содержанием подвижных форм элементов питания накопление ^{137}Cs в сельскохозяйственных растениях существенно ниже по сравнению с менее плодородной почвой.

Один из эффективных приемов повышения почвенного плодородия и снижения поступления ^{137}Cs в урожай сельскохозяйственных растений – применение органических удобрений. Их использование в большинстве случаев уменьшает поступление ^{137}Cs в урожай сельскохозяйственных культур в 1,5-3 раза. При этом наибольший эффект отмечается на почвах легкого гранулометрического состава, что особенно важно при ведении растениеводства на песчаных почвах Нечерноземной зоны. Воспроизводство почвенного плодородия и повышение урожайности культур достигают при комплексном применении различных агрохимикатов. Как правило, в этом случае происходит и наиболее значительное снижение накопления радионуклидов в растениеводческой продукции.

При комплексном агрохимическом окультуривании дерново-подзолистых песчаных почв легкого гранулометрического состава повышается урожайность зерновых культур и снижается накопление ^{137}Cs в продукции растениеводства в 1,1-3,0 раза. Регулируя систему минерального питания растений путем подбора доз и сочетаний минеральных удобрений с агроメリорантами, можно не только обеспечить получение продуктов питания с наименьшим содержанием ^{137}Cs , но и снизить антропогенную нагрузку на агроландшафты.

Один из эффективных приемов, обеспечивающих снижение загрязнения рациона питания человека, – подбор видов и сортов сельскохозяйственных культур, характеризующихся минимальным накоплением радионуклидов. Межвидовые различия в аккумуляции радионуклидов при корневом переходе могут достигать 10-30 раз. По результатам исследований, проведенных специалистами ВНИИСХРАЭ, наиболее распространенные в зоне легких почв культуры по величине накопления ^{137}Cs в хозяйственно-ценной части урожая располагаются по возрастанию в следующем порядке: ячмень, картофель, рожь, овес, сераделла (зеленая масса), люпин (зеленая масса), люпин (зерно). Отсюда следует, что и при высокой плотности загрязнения можно получать относительно чистую продукцию путем замены культур и их сортов, накапливающих в урожае повышенное содержание радионуклидов, на другие, аккумулирующие их значительно меньше.

Таким образом, сельскохозяйственное производство обладает широким набором агрохимических и агротехнических приемов, позволяющих существенно снизить накопление радионуклидов в продукции растениеводства и таким образом увеличить площади земель, на которых может быть получена продукция, соответствующая санитарно-гигиеническим нормативам. Исследования по агрохимии ^{137}Cs в Новозыбковском филиале ВИУА (зоне аварии на ЧАЭС) – наглядный пример тесного сотрудничества специалистов по агрохимии и радиоэкологии.

В целом научное сопровождение сельскохозяйственного производства позволяет решать как прямые производственно-технологические задачи, так и вопросы снижения и предотвращения негативного экологического воздействия различных антропогенных факторов на агроэкосистемы и здоровье человека.

Литература

1. Методы агроэкологического мониторинга на реперных участках / Плющиков В.Г., Кузнецов А.В., Павлихина А.В. и др. – М.: Россельхозакадемия, 2002. – 58 с.

2. *Нейтрализация* загрязненных почв: Монография / Под ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: Мещерский ф-л ГНУ ВНИИГиМ, 2008. – 528 с.
3. *Ориентировочно* допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511-09. – М.: 2009. – 10 с.
4. *Реестр* технологических приемов восстановления техногенно нарушенных сельскохозяйственных земель. Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2009. – 106 с.
5. *Современные* проблемы радиологии в сельскохозяйственном производстве/ Под ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: Мещерский ф-л ГНУ ВНИИГиМ, 2010. – 363 с.
6. *Ступин Д.Ю.* Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2009. – 432 с.
7. *Сычёв В.Г., Ефремов Е.Н., Лунёв М.И., Кузнецов А.В.* Система агроэкологического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения / – М.: Россельхозакадемия, 2006. – 79 с.

()

Рассмотрена проблема техногенного загрязнения почв сельскохозяйственных угодий. Составные части в решении этой проблемы – научное изучение состояния и поведения токсикантов в почве, мероприятия по контролю уровней и масштабов загрязнения почв, исследования и действия, направленные на восстановление техногенно нарушенных земель. Показаны основные направления и отдельные результаты работ по агроэкомониторингу в агрохимической службе. На примере мероприятий по реабилитации территории Брянской области, пострадавшей в результате аварии на Чернобыльской АЭС, показана возможность взаимодействия агрохимиков и радиоэкологов в решении агроэкологических проблем.

Ключевые слова: агроэкосистемы, техногенное загрязнение, почвы, мониторинг, агрохимслужба, реабилитация земель.