

**Практические направления
экологической реабилитации почв
при их химическом загрязнении**

© 2012. О. Ю. Растегаев, д.х.н., зам. директора, В. Е. Субботин, к.х.н., с.н.с.,
А. М. Ченцов, н.с., В. А. Рыжков, инженер, С. Н. Черников, с.н.с.,
Государственный научно-исследовательский институт
промышленной экологии,
e-mail: info@sar-ecoinst.org

Дана характеристика направлений экологической реабилитации почв, подвергшихся химическому загрязнению, для практического применения. Приведены примеры использования метода реагентной детоксикации полипептидными и аминокислотными композициями, рекультивации с использованием изолирующих слоев, метода сорбции загрязняющих веществ.

The directions of environmental remediation of chemically contaminated soil are recommended for practical application. Examples of applying the method of reagent detoxification with amino acid and polypeptide compositions, as well as of remediation using insulating layers, and the method of pollutants sorption are presented.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, детоксикация почв, аминокислотные композиции, рекультивация, мелиоранты, сорбенты

Keywords: heavy metals, soil detoxification, amino acid compositions, reclamation, meliorants, sorbents

Введение

Химическое загрязнение стабильными соединениями: тяжёлыми металлами (ТМ), нефтепродуктами (НП), диоксинами, представляет серьёзную опасность для окружающей среды. В результате развития промышленности по переработке и использованию химических веществ в технике при отсутствии соответствующей системы природоохранных мероприятий сложилась ситуация, в результате которой значительные территории оказались загрязнены этими компонентами в концентрациях, в сотни и тысячи раз превышающих допустимые.

Кроме прямого негативного влияния на живые организмы избыточных концентраций ТМ высокую опасность представляет косвенное действие химического загрязнения на дисбаланс химических элементов в экосистемах [1, 2].

Согласно литературным данным [3], число примеров токсического действия ТМ и других загрязняющих веществ, входящих в состав технических продуктов или отходов промышленности, увеличивается с каждым годом.

В связи с этим возникает практическая потребность в разнообразных и эффективных

методах реабилитации почв загрязнённых территорий. Если раньше при более низких уровнях загрязнения достаточно было использовать физические меры снижения влияния химического загрязнения на почвы, такие как: ограждение, обваловка, нанесение изолирующих бетонных или асфальтовых слоёв, смешивание с незагрязнёнными субстратами, то при значительно больших масштабах химического загрязнения на первый план выходят методы снижения токсического действия.

В соответствии с ГОСТ [4] детоксикация загрязняющего почву вещества определяется как превращение загрязняющего почву вещества в нетоксичные для организмов соединения.

**Реагентная детоксикация
тяжёлых металлов**

Выбор методического подхода. Учитывая, что ТМ малоподвижны в почве, их удаление из неё включает, как правило, удаление загрязнённого слоя, либо удаление самих металлов с помощью доступных хелатообразующих реагентов (например, этилендиаминтетрауксусной кислотой). При этом металлы переходят

в лабильную форму и опускаются в почву на уровень ниже корневой системы. Именно эта процедура была с успехом применена в Японии при очистке загрязнённых территорий от кадмия. Однако применение комплексообразующих реагентов приводит к загрязнению подземных вод. Поступление ТМ по пищевой цепи можно минимизировать выращиванием на загрязнённых полях только кормов для животных или таких культур, которые используются для питания человека в малых дозах. Эффективным средством снижения концентрации подвижных форм ТМ является известкование кислых почв для увеличения рН. После такой обработки многие металлы переходят в малорастворимые гидроксиды, что приводит к снижению токсичности, но со временем функционирование биоценоза приводит к закислению почв и металлы снова переходят в более растворимое состояние.

Известны способы электрохимической и биологической очистки грунтов и почв от радиоактивных и токсических веществ, основанные на использовании потенциалов напряжения постоянного тока и растений, накапливающих в вегетативной массе токсические вещества [5, 6].

Названные способы отличаются рядом существенных недостатков: высокой трудоёмкостью, сложностью в исполнении, а также продолжительным сроком получения результатов, в связи с чем не получили широкого применения в природоохранной практике. В современной литературе предлагается также композиция для детоксикации почв [7], а также кондиционер почвы [8], предусматривающий использование в качестве детоксикантов различных сорбентов, поглощающих токсические вещества: гуминовые кислоты, алкиламмониевую соль, полигексаметиленгуанидин, кремнийсодержащие компоненты и др. Названные соединения являются в большей части дорогостоящими, не производятся серийно, и поэтому их использование с целью детоксикации экономически нецелесообразно.

Более перспективным представляется удаление ТМ из почвы, что является затратной процедурой, а детоксикация (снижение токсичности) почвы, в результате которой металлы переходят в комплексные малотоксичные соединения. Основным условием является выбор такого реагента, который бы привёл к образованию прочного комплекса. Детоксикация всё шире используется в практической экологии как эффективный метод снижения токсичности загрязнённых почв,

осадков сточных вод, строительных конструкций [9 – 12].

Сущность метода заключается в том, что в качестве реагента используется полипептидная и аминокислотная композиция, получаемая путём щелочного гидролиза белоксодержащих отходов производства (пух, перо, остатки от убоя животных и др.). После определения содержания ТМ, рассчитывается количество реагента для обработки загрязнённой территории. После обработки территории контроль процесса проводится по значению аминокислотного коэффициента, которое не должно быть менее 2,0.

Характеристика реагента. В качестве детоксиканта выбрана композиция АК-ЗЭ – композиция жидких гидратов натриевых солей аминокислот с мольным содержанием 1 моль/л, отвечает требованиям ТУ18517698-3-98 (разработчик – НИЦ ИХТЭМП), разрешена Госсанэпиднадзором МЗ РФ в качестве детоксиканта соединений ТМ.

Композиция АК-ЗЭ представляет собой коричневую, тёмно-коричневую или чёрную жидкость со специфическим запахом, плотность которой 1050–1080 г/дм³, температура замерзания – 10–12 °С, температура кипения 100–105 °С. Композиция АК-ЗЭ состоит из жидких гидратов натриевых солей аланина, валина, глицина, лейцина, изолейцина, пролина, фенилаланина, серина, тирозина, треонина, аргинина, гистидина, лизина, оксализина, аспарагиновой кислоты и глютаминовой кислоты. Средняя молекулярная масса – 125–130.

Композиция АК-ЗЭ проявляет щелочную реакцию, смешивается с водой, взаимодействует с кислотами. Композиция АК-ЗЭ относится к 4 классу опасности – малоопасные вещества, при попадании в желудок LD₅₀ > 20 г/кг.

Характеристика объектов детоксикации. В качестве объектов детоксикации использованы почвогрунты различных категорий в соответствии с классификацией по уровню химического загрязнения [13 – 15].

Для детоксикации были выбраны почвогрунты всех указанных категорий – от допустимой до чрезвычайно опасной.

Наиболее загрязнённые почвы были токсичны, при попадании в желудок LD₅₀ = 5,5 г/кг (1 класс опасности).

Определение содержания валовых и подвижных форм никеля, цинка, свинца, меди проводилось рентгенофлуоресцентным методом [16] с использованием рентгенофлуоресцентного анализатора «Спектроскан».

Характеристики почвоулучшателя Агросорб-1Г

Марка	Размер зёрен, мм	Насыпная плотность, г/дм ³	Объём пор суммарный, см ³ /г	Объём микропор, см ³ /г	Адсорбционная способность по йоду, %
Агросорб-1Г	0,5–2,0	460–480	> 72	> 0,3	> 75

Определение содержания валовых и подвижных форм кадмия проводилось атомно-абсорбционным методом [17 – 18]. Определение кислотности почв определялось в соответствии с ГОСТ [19].

Результаты детоксикации. После детоксикации все почвы являются малотоксичными и относятся к 4 классу опасности. Следовательно, детоксикация как сильно, так мало загрязнённых почвогрунтов протекает практически полностью.

Рекультивация с внесением природных и химических мелиорантов

В случае не очень высокого загрязнения почв, например, при содержании ТМ и мышьяка до 50 мг/кг, применяют рекультивацию загрязнённых земель, основанную на поглощении и удержании влаги с растворёнными в ней токсическими веществами, природными и химическими мелиорантами [20]. Рекультивацию площадки, где в прошлом уничтожалось химическое оружие, проводят в следующем порядке. Первоначально её поверхность покрывают 10-сантиметровым слоем цеолитсодержащей породы, что способствует предотвращению диффузии продуктов деструкции отравляющих веществ из загрязнённой почвы в слой вышерасположенных мелиорантов. Затем цеолитсодержащую породу перекрывают слоем карбонатной глины мощностью 15 см, что обеспечивает перехват воды, непоглощённой полимером акриламида и почвогрунтом, а также способствует раскислению почвенной влаги за счёт высокого содержания карбонатов. На слой карбонатной глины наносят смесь почвы с полимером АК-639 акриламида водопоглощающего АК-639 марки В-415К в объёмном соотношении 100:1 слоем 10 см. Сверху наносят 20-сантиметровый слой почвы, используемой для дальнейшего залуживания поверхности, включающего посев корневищных многолетних трав (кострец и пырей) в весовом соотношении семян 1:1 и нормой высева 20 кг/га. В результате проведённых операций содержание мышьяка снижается в почве испытываемой площадки в 20–25 раз и достигает уровня ПДК, что не превышает 2,0 мг/кг по-

чвы. Эффективность нового способа оценивалась по всхожести бобовых культур, отличающихся высокой чувствительностью к химическому загрязнению земель. При этом использовался классический метод подсчёта числа взошедших проростков [21]. Анализ показал, что после рекультивации всхожесть клевера розового возросла на 26%, что свидетельствует о высокой эффективности нового способа.

Способ комбинированного использования реагентной детоксикации и описанной выше рекультивации запатентован [11].

Сорбенты. Для практического применения промышленность предлагает различные сорбенты, например [22], почвоулучшатель Агросорб-1Г применяют для детоксикации почв, содержащих различные загрязняющие вещества, в том числе пестициды. Почвоулучшатель применяют в виде водной суспензии в соотношении Агросорб-1:вода как 1:(10–15) путём поверхностного нанесения. Свойства сорбента приведены в таблице.

Для очистки почв от нефтепродуктов предлагается сорбент ELCOSORB [23], который является абсорбирующим и водоотталкивающим продуктом на основе натурального «белого» (поверхностного) торфа из Северной Германии. Абсорбент наносится на почву и захватывается на нужную глубину. Гуминовая кислота и микроорганизмы, которые содержатся в микропорах сорбента, расщепляют углеводороды, затем микрокапсулы претерпевают биологический распад и начинают впитывать влагу, после чего образуется гумус. Это преобразование продолжается 5–7 месяцев, дополнительное перепахивание участка или внесение кислотосодержащих веществ ускоряют процесс.

Заключение

Направления практического применения методов экологической реабилитации почв определяются уровнем и характером химического загрязнения, а в случае загрязнения несколькими химическими веществами различных классов наиболее эффективным является комплексное использование сорбентов, детоксикантов с последующей рекультивацией детоксицированных почв.

Литература

1. Химия окружающей среды / Под ред. Дж. Бокриса. М.: Химия, 1982. 668 с.
2. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. М.: Химия, 1996. 317 с.
3. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Под ред. Х. Зигель, А. Зигель. М.: Мир, 1993. 368 с.
4. ГОСТ 27593-88 (2005). «Почвы. Термины и определения».
5. Патент на изобретение РФ №2211493. Способ электрокинетической очистки грунтов от радиоактивных и токсических веществ / А.С. Баринов, Л.Б. Прозоров, В.Б. Николаевский и др. / 27.08.2003.
6. Патент на изобретение РФ №2231944. Способ биологической очистки почв / А.С. Лукаткин, Д.И. Башмаков / 10.07.2004.
7. Патент на изобретение РФ №2226436. Композиция для детоксикации почв. / В.С. Белоусов, С.А. Ермоленко, О.И. Квасенков / 10.04.2004.
8. Патент на изобретение РФ №2122903. Кондиционер почвы / В.В. Матыченков, Е.А. Бочарникова, В.М. Дьяков / 10.12.1998.
9. Экологическая ситуация в городе Серпухове и перспективы её улучшения / Под ред. Ф.И. Хакимова. М.: Изд-во «Полтекс», 2000. 228 с.
10. Фридман А.Я., Шемякина Е.В., Сологуб В.А., Новиков А.К., Новиков В.К., Ким Ю.М., Чупис В.Н., Растегаев О.Ю., Тихомиров Ю.П., Туренков А.А. Детоксикация строительных конструкций // Экология и промышленность России. 2004. № 1. С. 22–25.
11. Патент на изобретение РФ №2415723, МПК В09С 1/08, А62D 3/00. Способ реагентной рекультивации почв / Чупис В.Н., Растегаев О.Ю., Иванов А.И. Заявлено 09.12.2009. Заявка №2009145792. Бюл. № 10, 10.04.2011.
12. Чупис В.Н., Растегаев О.Ю., Толоконникова Т.П., Кравченко А.П., Рыжков А.В., Панкова Р.М., Рыжков В.А. Реагентная детоксикация высоко загрязнённых тяжёлыми металлами почвогрунтов и земель промышленных предприятий // Экологические проблемы промышленных городов. 2-я Всерос. конф.: научн. труды. Саратов: СГТУ, 2003. С. 191–193.
13. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населённых мест. М.: Минздрав России, 1999. 38 с.
14. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. М.: МПР, Роскомзем, 1993. 73 с.
15. Правила определения степени загрязнённости почв обследуемых земельных участков. Саратов: Комитет по охране природной среды, 1994. 11 с.
16. ПНД Ф 16.1.8-98. Методика выполнения измерений массовых концентраций кислоторастворимых, водорастворимых и подвижных форм металлов (хром, ртуть, марганец, кобальт, никель, медь, свинец, цинк) в пробах почвы с предварительным концентрированием ионов тяжёлых металлов на преобразователях ИП-ТМ-Д и ИП-ТМ-Д-1 ренгенофлуоресцентным методом.
17. РД 52.18.191-89. МВИ массовой доли кислоторастворимых форм металлов в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.
18. РД 52.18.289-90. МВИ массовой доли подвижных форм металлов в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.
19. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение её рН по методу ЦИНАО.
20. Патент на изобретение РФ №2329882. Способ рекультивации земель / А.И. Иванов, П.А. Иванов, А.П. Стаценко / 20.06.2006.
21. Методика государственного испытания сельскохозяйственных культур. Ч.1-2. М. 1965.
22. Почвоулучшатель Агросорб-1Г (ТУ 6-16-20-38-87). ОАО «Электростальское научно-производственное объединение «НЕОРГАНИКА»», <http://www.neorganika.ru/>
23. Абсорбент Elcosorb. Компания «ЭлкоСорб». <http://xn--90arcnamf6g.xn--p1ai/ochistka-poverhnosti-pochvy>