

В. Л. Самохвалова

**ПРИМЕНЕНИЕ АНТИДОТОВ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЯЖЕЛЫМИ
МЕТАЛЛАМИ СИСТЕМЫ «ПОЧВА – РАСТЕНИЕ»**

Повідомлення 1. Окремі концептуальні підходи до проблеми

В. Л. Самохвалова

ННЦ «Институт грунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського»

**ВИКОРИСТАННЯ АНТИДОТІВ ПРИ ЗАБРУДНЕННІ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ СИСТЕМИ
«ГРУНТ – РОСЛИНА»**

Повідомлення 1. Окремі концептуальні підходи до проблеми

Наведено окремі аспекти використання, класифікації способів та заходів детоксикації за типом та видом, можливі механізми дії антидотів при впливі поллютантів неорганічної природи, виділені класифікаційні групи антидотів по типу заходів детоксикації та визначені перспективні напрямки дослідження антидотів за умов забруднення важкими металами системи «грунт – рослина».

Ключові слова: антидоти, забруднення, важкі метали, детоксикація.

V. L. Samokhvalova

*National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research
named by O. N. Sokolovsky»*

**APPLICATION OF ANTIPIILLBOXES BY HEAVY METALS POLLUTION
OF SOIL – PLANT SYSTEM**

The message 1. Separate conceptual approaches to a problem

Separate aspects use ways and receptions of detoxication, classification of antipillboxes by type and a kind are given, possible action mechanisms of antipillboxes are submitted at influence an inorganic nature pollutions, classification groups of antipillboxes are allocated on the basis of detoxication actions type, perspectives their investigations directions under pollution by the heavy metals of soil–plant system are determined.

Keywords: antipillboxes, pollutions, heavy metals, and detoxication.

Изучение вопроса загрязнения биокосных и биологических систем тяжелыми металлами (ТМ) тесно связано с токсикологическими исследованиями, цель которых – выявление причин возникновения токсичности и разработка мер противодействия токсическому процессу в системе. Эффективные средства, применяемые для предупреждения и детоксикации поллютантов, токсических эффектов, называют антидотами (Карасик, 1933).

Вопрос изучения токсичности, применения ядов и антидотов имеет длинную историю (Оксенгендлер, 1982; Трахтенберг, 2000). В классификации ядов, предложенной К. Галеном, различались несколько их групп, противоядиями считались вещества, которые могли восстановить нарушенное в системе равновесие качества. Антидотам приписывали способность оказывать не только местное, но и общее благоприятное укрепляющее действие. Известными антидотами средних веков и эпохи Возрождения были териак, состоящие из множества компонентов разной природы и спектра действия. В XIX веке с развитием химии и внедрением эксперимента в практику исследований разработка средств и способов детоксикации встала на научную основу (Гадаскина, 1988; Трахтенберг, 2000).

Важным в этой проблеме является определение понятия «яд», который априори токсичен. Парацельс утверждал, что все есть яд и ничто не лишено ядовитости, одна лишь доза делает яд незаметным. В литературе есть множество определений понятия «яд», основными из которых являются следующие: яд – мера (единство количества и

качества) действия химических веществ, в результате которого при определенных условиях возникает отравление; яды – это химические соединения, отличающиеся высокой токсичностью, то есть способные в минимальных количествах вызывать тяжелые нарушения жизнедеятельности организма; яд – химический компонент среды обитания, поступающий в количестве (реже в качестве), не соответствующем врожденным или приобретенным свойствам организма; яды – вещества биологического (животного и растительного) и антропогенного происхождения, которые при воздействии на живые организмы могут вызывать отравление и гибель.

Исследования действия и эффективности применения антидотов в системе «почва – растение» при загрязнении ТМ, предотвращения проникновения загрязнителей в сопредельные среды стал актуальным лишь во второй половине XX века, когда уровень загрязнения окружающей среды стал резко увеличиваться в глобальном масштабе, угроза экологических катастроф стала очевидной, появились публикации, касающиеся детоксикации и деконтаминации поллютантов.

Опасность химического загрязнения почвенной системы состоит в том, что длительное время действие фактора загрязнения неорганической природы носит скрытый характер вследствие срабатывания буферных свойств в системе «почва – растение», с течением времени происходит накопление металлов-токсикантов, период выведения которых составляет длительное время: для *Zn* – от 70 до 510, *Cd* – 13–110, *Cu* – 310–1500, *Pb* – 740–5900 лет (Орлов, 1991)

В ГОСТ 17.4.04.–85 (Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения, 1993) представлены пояснения к терминам «загрязнение почвы» как изменение состава и состояния почвы в результате хозяйственной деятельности и других антропогенных нагрузок, способных вызывать ухудшение ее качества. Нормативный документ определяет термин «фитотоксичность почвы» как способность почв оказывать угнетающее действие на растение, приводящее к нарушению физиологических процессов, ухудшению качества растительной продукции и снижению ее выхода.

Токсический процесс, как следствие перманентного или постоянного действия фактора загрязнения в системе оказывает угнетающее действие на компоненты любой системы, в том числе и системы «почва – растение», что приводит к нарушению процессов её функционирования. В соответствии с классификацией химических веществ антропогенного происхождения, представленной в ГОСТ 17.4.1.02–83 (Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения, 1993), металлы-токсиканты по степени опасности делятся на три класса. Последние устанавливают по соответствующим показателям (токсичность, персистентность в почве и растениях, ПДК в почве, миграция, влияние на пищевую ценность сельскохозяйственной продукции), позволяющим оценить выраженность проявления токсического процесса в системе.

Анализ информации по проблемному вопросу предотвращения, ликвидации действия фактора загрязнения и предупреждения токсических эффектов в системе «почва – растение» при действии поллютантов неорганической природы в бывшем СССР и странах СНГ (Шилова, 1974; Важенин, 1982; Реуце, 1986; Обухов, 1988; Савич, 1990; Соколов, 1991; Капуцкий, 1993; Байдина, 1994; Аршавская, 1995; Дабахов, 1996; Лебедева, 1997; Графская, 1998; Панюта, 1999; Бабиева, 2000; Воробець, 2001; Дричко, 2002 и др.) свидетельствует о том, что используемые средства и способы применения антидотов не классифицированы, не определены их требуемые дозы, время внесения в соответствии с уровнями загрязнения ТМ системы «почва – растение» и почвенно-климатическими условиями. Кроме того, до настоящего времени отсутствует информация об уровнях токсичности химических элементов в системе «почва – растение» и факторах, ее определяющих, неоднозначно воспринимается разными авторами существо этой проблемы, подходы и методы ее решения, отсутствует прогноз изменений в системе «почва – растение» при разных уровнях загрязнения ТМ, как и о индикаторных показателях, характеризующих подобные изменения в системе; не разработана система необходимых мероприятий применительно к системам землепользования при техногенном загрязнении ТМ почв разных типов.

Важным является разработка методологических принципов и подходов к решению вопроса эффективного применения антидотов в системе «почва – растение». Первым шагом в решении проблемы является структурирование определений и понятий применительно к проблеме детоксикации загрязнителей в системе «почва – растение». Основываясь на ГОСТ 16265–89 (Земледелие. Термины и определения, 1990), следует различать понятийные дефиниции терминов меры, мероприятия, методы, способы, приемы, принятые в практике земледелия. В ГОСТ 27593–88 (Почвы. Термины и определения, 1988) дано определение термина «детоксикация почвы» как превращение загрязняющего почву вещества в нетоксичные для организмов соединения. В справочной литературе (Орлов, 1991; Окружающая среда: энциклопедический словарь – справочник, 1993) дано определение термина «деконтаминация почвы» – очищение почвы от загрязняющих веществ. Однако понятийный аппарат, касающийся охраны почв и техногенного загрязнения, в аспектах детоксикации загрязняющих агентов разной природы требует дальнейшей разработки.

Следует заметить, что для осуществления инактивации загрязнителей в системе «почва – растение» необходимо использовать совокупность мер, приемов, методов, мероприятий, направленных на создание в загрязненных почвах условий, способствующих и приводящих к ослаблению, полному освобождению от токсического действия загрязняющих веществ, созданию в почве благоприятных условий для ее самоочищения. Поэтому предлагается рассматривать следующие терминологические определения:

Меры детоксикации – приемы и способы, совокупное и последовательное во времени исполнение которых на конкретной территории снижает действие фактора загрязнения в системе.

Мероприятия по детоксикации – система научно обоснованных и взаимодополняющих мер, направленных на последовательное снижение действия фактора загрязнения в системе.

Способы (методы) детоксикации – совокупность двух или нескольких приемов, характеризующихся синергетическим эффектом, которые выполняются в определенных сроки, установленным образом с помощью орудий и средств.

Прием детоксикации – отдельное разовое действие антидота.

На основании анализа литературных источников основными направлениями исследований по вопросу детоксикации и деконтаминации техногенного загрязнения почв ТМ являются:

- изучение эффективных способов и мероприятий по снижению подвижности и токсичности ТМ в системе «почва – растение»;
- разработка и использование средств, способов детоксикации, изучение транслокации ТМ;
- исследование мелиоративных приемов и урожая растений агроценозов в условиях техногенеза;
- классификация способов детоксикации на основе выявления уровня и характера действия фактора загрязнения металлами-токсикантами;
- оценка специфичности и эффективности действия антидотов.

Основанием для необходимого и обязательного использования средств детоксикации в системе «почва – растение» является следующее:

- анализ информации о непосредственной причине загрязнения, особенностях кинетики токсических эффектов поллютанта и его природе в системе «почва – растение»;
- анализ информации о проявлении токсических эффектов и их характере;
- разработанные схемы применения антидотов и сценариев адресного их использования с целью мобилизации процессов восстановления в системе при одновременной возможности использования детоксикантов к загрязнителям разной природы.

Анализ известных мер, мероприятий, приемов детоксикации и механизмов действия антидотов, применяемых при загрязнении системы «почва – растение», дает

основание ранжировать способы и мероприятия детоксикации по типу и виду (*таблица*), выделить следующие классификационные группы антидотов по типу мероприятий детоксикации (нейтрализующие действие фактора загрязнения в системе, профилактические или упреждающие токсические эффекты, ликвидирующие симптомы проявления токсичности в системе «почва – растение»):

Первая группа

- Антидоты, нейтрализующие токсикант (хелатирующие агенты – комплексообразователи). Основной механизм – *химический антагонизм, прямое химическое взаимодействие или опосредованная химическая нейтрализация*.

Антидоты этой группы непосредственно связываются с токсикантами неорганической природы. При этом возможна химическая нейтрализация токсиканта, образование водорастворимого малотоксичного комплекса, ускоренное выведение токсиканта из системы за счет его миграции в сопредельные среды.

- Антидоты, вытесняющие токсикант из связи с биосубстратом или компенсирующие нарушенные ТМ количество и качество биосубстрата. Основной механизм – *биохимический антагонизм*.

Классификация способов и мероприятий детоксикации поллютантов в системе «почва – растение» по типу и виду

Способы детоксикации		Мероприятия детоксикации	
Физическая детоксикация	<ul style="list-style-type: none"> • разбавление, фильтрация с водами; • физическая адсорбция загрязняющих веществ в почвенной системе; • электроосмос. Ведущий фактор влияния - гранулометрический состав почв, природа и доза загрязнителя	Физические	<ul style="list-style-type: none"> • изменение физического состояния среды загрязненного локального участка путем использования почвообрабатывающих орудий, удаления загрязненного слоя почвы с последующим его захоронением; • приемы, способы и виды работ, направленные на прямое и (или) косвенное содействие соблюдению культуры земледелия и землепользования
Биологическая детоксикация	<ul style="list-style-type: none"> • использование метода фитогигиены; • метаболизм и биологическое концентрирование за счет процессов комплексообразования, сорбции и биодegradации поллютанта. Ведущий фактор влияния – биологическая активность почв и растения - мелиораторы, природа и доза загрязнителя	Биологические	<ul style="list-style-type: none"> • использование организмов-индикаторов загрязнения, для которых загрязненная зона – источник питания и среда обитания; • увеличения активности микробоценоза, способного поглощать и удерживать металлы-токсиканты; • возможное влияние на эдафические условия фитоценоза и агроценоза; • использование явлений антагонизма в фитоценозах, агроценозах при выращивании культурных и разнотравья сорных растений; • выращивание культур высокого выноса загрязнителей из почвы, способных в разной мере поглощать химические элементы, развивая большую вегетативную массу, растений толерантных к токсическому действию загрязнителей
Химическая детоксикация	<ul style="list-style-type: none"> • взаимодействие загрязняющих веществ с компонентами почв, протекание реакций гидролиза, окислительно – восстановительных, химической сорбции и т. д. Ведущий фактор влияния – химический состав ППК (почвенно – поглощающий комплекс), содержание гумуса, природа и доза загрязнителя	Химические	<ul style="list-style-type: none"> • инактивация поллютанта путем создания вместо комплекса «яд – рецептор» комплекс «яд – антидот», снижение токсичности загрязнителя, используя различные химические соединения: органические вещества, хелатные соединения, ионообменные смолы, известь, гипс, мел; минеральные и органические удобрения, соединения, сорбирующие загрязнители и снижающие их транслокацию; • активация загрязнителя (переведение токсичного агента в подвижные соединения) с последующим его выщелачиванием и снижением транслокации; • увеличение емкости катионного поглощения почв с соблюдением правила преимущественной поглощательной способности мелиоранта

Как известно, токсический процесс развивается в результате взаимодействия токсиканта с органами-мишенями. Это взаимодействие приводит к нарушению свойств токсикантов и утрате ими специфической физиологической активности. Химические вещества, разрушающие связь «мишень–токсикант» и восстанавливающие тем самым физиологическую активность биологически значимых молекул (молекулярных комплексов) или препятствующие образованию подобной связи, следует использовать в качестве антидотов.

- Антидоты, нормализующие функциональное состояние биосистем. Основным механизмом – *физиологический антагонизм и модификация метаболизма токсиканта*.

В токсикологии установлено, что выраженность наблюдаемого антагонизма конкретной пары токсиканта и «противоядия» колеблется в широких пределах. Кроме того, антагонизм никогда не бывает полным, что обусловлено гетерогенностью системы, на которую воздействуют токсикант и детоксикант, неодинаковым средством и внутренней активностью взаимодействующих веществ, различиями в доступности металлов-токсикантов для детоксикантов, особенностями токсикокинетики ТМ в системе «почва – растение».

Следует учитывать важную установленную закономерность антагонизма действия антидота и ТМ в системе, а именно: чем в большей степени в пространстве и времени совпадает действие токсиканта и антидота на биосистему, тем закономерно более выраженный антагонизм между ними. Тем самым, используя явление антагонизма, есть возможность устранить токсический процесс или осуществить нейтрализацию токсиканта не только в биокосной, но и в биологической системе. Включая в систему антидоты – модификаторы метаболизма, появляется перспектива инактивации ТМ, ускорить их биодетоксикацию в системе «почва – растение».

Вторая группа

- Антидоты, активизирующие процессы регуляции в системе. Основным механизмом – *ликвидация негативных реакций, последствий нарушений системы при нормализации обмена веществ и окислительно-восстановительных процессов, восстановление функции барьеров в системе при использовании антидота в определенный срок, в оптимальной дозе с целью модификации ТМ*.

Как известно, ТМ подвергаются в системе метаболическим превращениям. Как правило, это сопряжено с образованием продуктов, значительно отличающихся по токсичности от исходных веществ как в сторону её уменьшения, так и в сторону увеличения. Ускорение метаболизма ТМ и угнетение превращения веществ, подвергающихся биоактивации, – один из возможных подходов к разработке антидотов.

Третья группа

- Антидоты, устраняющие симптомы действия токсикантов, т. е. проявление токсических эффектов в системе. Основным механизмом – *нормализация функционирования процессов кинетики и динамики системы в результате устранения отдельных проявлений токсичности*.

В этой связи существенным является выяснение соотношения специфичности действия инактиваторов ТМ и их эффективности. Основываясь на различиях эффектов от использования детоксикантов, известных из литературных источников, можно предположить, что связь будет прямолинейной.

Анализ материалов публикаций, связанных тематикой детоксикации ТМ в системе «почва – растение», свидетельствует о необходимости поиска новых путей, связанных с предотвращением загрязнения системы металлами-токсикантами, восстановления свойств почвенной системы, препятствия миграции поллютантов в сопредельные среды. Однако любой антидот – химическое соединение, предназначенное для применения в момент или после поступления токсиканта в систему, обязательным свойством которого должен быть антагонизм к токсиканту. Механизмы действия антидотов определяются их детоксикологической активностью.

Антагонизм как явление никогда не бывает абсолютным. Его выраженность существенным образом зависит от этапности применения и использования детоксикантов, их доз, времени действия. Кроме того, довольно часто антагонизм носит односторонний характер: одно из соединений ослабляет действие другого, но не наоборот. Поэтому antidotes не могут быть разработаны для широкого спектра ТМ и должны внедряться в практику после научно обоснованного выбора оптимальных сроков и доз применения на основе обязательного изучения токсикокинетики ТМ, механизмов их токсического действия в системе «почва – растение».

Следует также учитывать, что очистка почв от загрязнения ТМ является одной из наиболее сложных проблем при восстановлении почв. Все применяемые методы достаточно дороги, требуют наличия специального оборудования, могут оказывать неблагоприятные последствия на структуру почвы и ее свойства. Кроме того, результат последовательного выполнения нескольких приемов, как правило, не превосходит по своему действию их аддитивный эффект.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев Ю. В. Влияние химической активности карбонатов кальция и магния на транслокацию тяжелых металлов из почвы в растения / Ю. В. Алексеев, Н. И. Вялушкина, А. И. Маслова // *Агрохимия*. – 1999. – № 8. – С. 79-81.

Аршавская В. Ф. Агроэкологическая оценка отходов ГРЭС и приготовление из них химических мелиорантов / В. Ф. Аршавская, Ю. В. Алексеев, В. И. Бойков, Т. И. Савченко // *Химия в сельском хозяйстве*. – 1995. – № 1. – С. 32-35.

Байдина Н. Л. Инактивация тяжелых металлов гумусом и цеолитами в техногенно загрязненной почве // *Почвоведение*. – 1994. – № 9. – С. 121-125.

Важенин И. Г. Почва как активная система самоочищения от токсического воздействия тяжелых металлов // *Химия в сельском хозяйстве*. – 1982. – № 3. – С. 3-5.

Влияние органических и неорганических веществ на движение тяжелых металлов в почве (обзор) / Н. О. Бабиева, О. Л. Главати, Н. О. Главати // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2000. – № 6. – С. 38-49.

Восстановление земель, загрязненных тяжелыми металлами / Ю. Ф. Можайский // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. – № 2. – С. 34-36.

Галулин Р. В. Инвентаризация и рекультивация почвенного покрова агроландшафтов, загрязненного различными химическими веществами // *Агрохимия*. – 1994. – № 7-8. – С. 132-143.

Голубев В. Н. Экологически чистые агроэкосистемы: принципы функционирования и управления / В. Н. Голубев, О. А. Соколов // *Химизация сельского хозяйства*. – 1991. – № 7. – С. 8-11.

Граковский В. Г. Санация загрязненных почв и рекультивация земель в России / В. Г. Граковский, С. Е. Сорокин, А. С. Фрид // *Почвоведение*. – 1994. – № 4. – С. 121-128.

Графская Г. А. Эффективность мелиорантов на загрязненных тяжелыми металлами почвах / Г. А. Графская, В. А. Величко // *Агрохимический вестник*. – 1998. – № 1. – С. 37-38.

Дабахов М. В. Агрохимические методы снижения поступления тяжелых металлов в растения / М. В. Дабахов, В. Г. Басоргин // *Тез. докл. 2 съезда о-ва почвоведов России*. – М., 1996. – Кн. 1. – С. 339-340.

Дричко В. Ф. Накопление стронция и кальция растениями при внесении в почву возрастающих доз конверсионного мела / В. Ф. Дричко, А. В. Литвинович, О. Павлова // *Агрохимия*. – 2002. – № 4. – С. 81-87.

Игамбердиев В. М. Экологическое нормирование применения химических мелиорантов из отходов промышленности / В. М. Игамбердиев, Л. П. Огородников // *Химизация сельского хозяйства*. – 1994. – № 3. – С. 29-30.

Інтоксикація ґрунтів сполуками свинцю та їх фітореMediaція / Н. М. Воробець, М. М. Мусієнко // Науковий вісник НАУ. – К., 2001. – Вип. 58. – С. 202-216.

Капуцкий В. Е. Закономерности связывания вредных техногенных соединений природными материалами и его влияние на миграционные процессы / В. Е. Капуцкий, И. Ф. Зимица // *15 Менделеевский съезд по общей и прикладной химии*. – Минск: Наука и техника, 1993. – Т. 2. – С. 69-70.

Карасик В. М. Исторический очерк учения о противоядиях // *Природа*. – 1933. – № 7. – С. 90

Касатиков В. А. Влияние мелиорантов на содержание подвижных форм металлов в дерново-подзолистой супесчаной почве / В. А. Касатиков, В. Е. Руник, С. М. Касатикова и др. // *Агрохимия*. – 1995. – № 7. – С. 94-99.

Кирейчева Л. В. Методы детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами / Л. В. Кирейчева, И. В. Глазунова // *Почвоведение*. – 1995. – № 7. – С. 892-896.

Лебедева Л. А. Влияние известкования и органических удобрений на содержание кадмия в растениях / Л. А. Лебедева, С. Н. Лебедева, Н. Л. Едемская, Г. А. Графская // *Агрохимия*. – 1997. – № 10. – С. 45-51.

Минеев В. Г. Экологические функции известкования кислых почв, загрязненных кадмием и цинком / В. Г. Минеев, Л. А. Лебедева, Ю. Б. Соловьева // *Докл. Рос. акад. с.-х. наук*. – 2000. – № 6. – С. 30-32.

Мороз А. В. Агроэкологизация сельскохозяйственного землепользования в условиях техногенного загрязнения // *Аграрная наука*. – 2000. – № 6. – С. 11.

Мустафа Моавад Абдель. Влияние мелиорантов на состояние кадмия в системе «почва – растение»: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1990. – 26 с.

Обухов А. И. Охрана и рекультивация почв, загрязненных тяжелыми металлами / А. И. Обухов, Л. Л. Ефремова // *Материалы 2 Всесоюз. конф. «Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы»*. – М., 1988. – Ч. 1. – С. 23-25.

Обухов А. И. Детоксикация дерново-подзолистых почв, загрязненных тяжелыми металлами: теоретические и практические аспекты / А. И. Обухов, И. О. Плеханова // *Агрохимия*. – 1995. – № 2. – С. 108-116.

Овчаренко М. М. Тяжелые металлы в системе «почва – растение – удобрение» / М. М. Овчаренко, И. А. Шильников и др. – М.: Пролетар. светоч, 1997. – 290 с.

Оглуздин А. С. Сапрпель как мелиорант почв, загрязненных тяжелыми металлами / А. С. Оглуздин, Ю. В. Алексеев, Н. И. Вялушкина // *Химия в сельском хозяйстве*. – 1996. – № 4. – С. 5-7.

Оконский А. М. Приемы снижения загрязнения почв при химической мелиорации и техногенном воздействии / А. М. Оконский, Е. И. Шестаков, В. А. Черников, Н. П. Панов // *Изв. ТСХА*. – 1996. – Вып. 3. – С. 73-78.

Окружающая среда: энциклопедический словарь-справочник. – М.: Прогресс, 1993. – 640 с.

Оксенгендлер Г. И. Яды и противоядия. – Ленинград: Наука, 1982. – 186 с.

Орлов Д. С. Химическое загрязнение почв и их охрана / Д. С. Орлов, М. С. Малинина, Г. В. Мотузова и др. // *Словарь-справочник*. – М.: Агропромиздат, 1991. – 280 с.

Осипов А. И. Биологические приемы снижения загрязнения растений тяжелыми металлами / А. И. Осипов, Ю. В. Алексеев // *Химия в сельском хозяйстве*. – 1996. – № 4. – С. 4-5.

Оценка эффективности рекультивации земель, нарушенных при разработке титаноциркониевых россыпей / Т. Д. Поддубная // Сб. науч. тр. НГА Украины. – Д., 2000. – № 10. – С. 139-142.

Очистка ґрунту від міді та кобальту за допомогою металорезистентної культури *V. Cereus* ВКМ 4368 / Г. М. Ніковська та ін. // *Наук. вісті НТУУ «Київський політехнічний університет»*. – 2000. – № 3 (1). – С. 150-153.

Очистка загрязненных земель / В. Е. Логош // *Экологические системы и приборы*. – 2001. – № 11. – С. 29-34.

Перспективы решения проблемы загрязнения почв тяжелыми металлами / Л. Л. Лысенко, М. И. Пономарев, Б. Ю. Корнилович // *Экотехнология и ресурсосбережение*. – 2001. – № 4. – С. 58-63.

Плеханова И. О. Влияние мелиорантов на состояние кобальта в почве и его поступление в растения / И. О. Плеханова, В. А. Савельева // *Агрохимия*. – 1997. – № 8. – С. 68-73.

Пошук нових методів детоксикації важких металів, накопичених у ґрунті / О. О. Панюта, О. В. Скопечька // *Наук. вісник ДЛТУ. Зб. наук.-техн. пр.* – Л., 1999. – Вип. 9 (11). – С. 91-94.

Реуце К. Борьба с загрязнением почв / К. Реуце, С. Кырстя; Пер. с румын. К. И. Станкова, под ред. В. К. Штефана. – М.: Агропромиздат, 1986. – 221 с.

Савич В. И. Способы устранения загрязнения почв / В. И. Савич, Е. В. Трубицина // *Земледелие*. – 1990. – № 2 – С. 22-23.

Садовникова Л. К. Методические основы восстановления низкоплодородных почв, загрязненных тяжелыми металлами / Л. К. Садовникова, С. И. Решетников // *Улучшение использования малопродуктивных почв*. – Новочеркасск, 1991. – С. 109-117.

Современные подходы к решению проблемы загрязнения почв тяжелыми металлами (обзор) / А. Н. Васильев, А. И. Мартыненко // *Экология и ресурсосбережение*. – 2000. – № 5. – С. 47-52.

Соколов М. С. Возможности получения экологически безопасной продукции растениеводства в условиях загрязнения агрофосферы (экотоксикологический аспект) // *Агрохимия*. – 1995. – № 7. – С.112-127.

Трахтенберг И. М. Книга о ядах и отравлениях. Очерки токсикологии. – К.: Наук. думка, 2000. – 366 с.

Черных Н. А. Приемы снижения фитотоксичности тяжелых металлов / Н. А. Черных, М. М. Овчаренко, Л. Л. Поповичева, И. Н. Черных // *Агрохимия*. – 1995. – № 9. – С. 101-107.

Нормативные документы:

ГОСТ 16265-89. Земледелие. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 21с.

ГОСТ 27593-88 Почвы. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 13 с.

ГОСТ 17.4.1.02-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – М.: Изд-во стандартов, 1993 – С. 9-12.

ГОСТ 17.4.04.-85 Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – С. 35-37.

Надійшла до редколегії 09.07.06