

вод в качестве удобрения сельскохозяйственных культур в зернопашном севообороте / Н.Г. Захаров / автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. Саранск. – 2004. – 16 с.

## **INFLUENCE OF SEWAGE SLUDGE AND THEIR COMBINATION WITH THE ZEOLITE ON THE HEAVY METALS CONTENT IN SOIL AND IN GRAIN CROPS**

**Arefjev A.N.**, candidate of agricultural Sciences, associate Professor

**Kuzina E.E.**, candidate of agricultural Sciences, associate Professor

**Kuzin E. N.**, doctor of agricultural Sciences, Professor

FSBEIHE Penza SAU, e-mail: [aan241075@yandex.ru](mailto:aan241075@yandex.ru)

**Key words:** *heavy metals, sewage sludge, zeolite, winter wheat, corn.*

*The influence of meliorative norms of sewage sludge in Penza city and their combinations with natural zeolite on the accumulation of heavy metals in the arable horizon of meadow-chernozem soil and in the grain of winter wheat and maize is revealed. It has been established that the unilateral use of sewage sludge significantly increased the content of heavy metals in the soil and in the grain of the studied crops. However, their content, both in soil and in crop production, was below the MPC. The introduction of natural zeolite in combination with sewage sludge reduces the accumulation of mobile forms of heavy metals in the soil and crop production.*

УДК 57.042; 631.4

## **СОДЕРЖАНИЕ И ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННОМ СЛОЕ**

**Аскарова Д.А.**, соискатель

**Глебов В.В.**, кандидат биологических наук, доцент

ФГАОУ ВО РУДН, [vg44@mail.ru](mailto:vg44@mail.ru)

**Ключевые слова:** *тяжелые металлы, почва, трансформация, фитотоксичность, экология*

*В работе описано содержание и формы нахождения тяжелых металлов в почвенном слое. Представлены различные механизмы трансформации попавших в почву металлов (их мобильные формы). Один из основных процессов, влияющих на миграцию в почвах, - это*

*закрепление гумусовым веществом. Оно осуществляется путем образования металлами солей с органическими кислотами, адсорбции ионов на поверхности органических коллоидных систем или закомплексовывания их гумусовыми кислотами. Процесс трансформации металлов в почве зависит от многих факторов: погодно - климатических, сезонных, экологических, антропогенных и других.*

Показателями, наиболее широко используемыми для характеристики физико-химического состояния и потенциальной биологической доступности тяжелых металлов (ТМ) в почвах, являются «формы нахождения» – фракции ТМ, различающиеся преимущественной геохимической ассоциацией и прочностью связи с почвенными компонентами и извлекаемые при обработке почвы разными реагентами [1,2].

Для характеристики легкодоступных форм ТМ чаще всего исследуют почвенные образцы на наличие в них кислоторастворимых форм (извлекаемых 1,0 н. раствором HCl), обменных форм (извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером с рН 4,8) и водорастворимых форм [3].

Водорастворимая форма включает три основные группы соединений ТМ: 1) собственно легкорастворимые химические элементы (ХЭ); 2) труднорастворимые соединения ХЭ, растворяющиеся в воде в соответствии со своими произведениями растворимости; 3) растворимые в воде комплексные соединения ХЭ с различными органическими и неорганическими лигандами [5].

Обменная форма, извлекаемая ацетатно-аммонийным буфером с рН 4,8, соответствует очень широкому набору соединений ТМ в почвах и складывается из ионов, переходящих в водную вытяжку, обменных, бывших в составе труднорастворимых соединений и собственно специфических сорбированных [6].

Кислоторастворимая форма, извлекаемая 1,0 н раствором HCl («ближний резерв»), включает ионы ТМ, связанные с различными почвенными частицами (глинистыми минералами, гуминовыми соединениями, оксидами железа, алюминия, марганца, первичными минералами), характеризующимися различной миграционной способностью. В целях определения потенциального запаса МЭ, который является резервом питания растений, применяют более сильный экстрагент – 1 н. HCl. Также этот экстрагент широко используется для ориентировочной оценки степени техногенного загрязнения почв [7].

В почвах ТМ в основном содержатся в водорастворимой, ионообменной и непрочно адсорбированной формах. Подвижные формы для меди, молибдена, кобальта, цинка и других ТМ обычно составля-

ют 10-15 % от их валового содержания в почве, но распределяются в почвенном профиле неравномерно. Значительная часть ТМ, освобождающихся при разложении растительных остатков, также депонируется в гумусе, сохраняя при этом мобильность [7]. Как правило, водорастворимые формы представлены хлоридами, нитратами, сульфатами и органическими комплексными соединениями.

При выпадении на почву пыли и аэрозолей твердых частиц, содержащиеся в них тяжелые металлы могут сорбироваться частицами почвы, осаждаться в виде нерастворимых соединений, транспортироваться в насыщенном почвенном растворе в более глубокие почвенные горизонты, подвергаться воздействию фауны почвы или микробов, приводящему к распаду химических соединений металлов, поглощаться корнями растений. К этому необходимо добавить высокую вероятность включения частиц пыли и связанных с ними химических элементов в состав поверхностного (талого, дождевого, поливомоечного) стока с городских территорий, их перераспределение и миграцию в местные водоемы и водотоки. Накопление тяжелых металлов в почвах во многом связано с тем, что существенное их количество поступает на подстилающую поверхность из атмосферы в форме достаточно труднорастворимых соединений [8].

Фитотоксичное действие тяжелых металлов проявляется при высоком уровне загрязнения ими почв и во многом зависит от свойств и особенностей поведения конкретного металла. Но в природе ионы металлов редко встречаются изолированно друг от друга, поэтому разнообразные комбинативные сочетания и концентрации разных металлов в среде приводят к изменениям свойств отдельных элементов в результате их синергического или антагонистического воздействия на живые организмы. Смесь цинка и меди в пять раз токсичнее, чем арифметически полученная сумма их токсичности, что обусловлено синергизмом при совместном влиянии этих элементов. Хотя существуют наборы металлов, совместное действие которых проявляется аддитивно. Ярким примером являются цинк и кадмий, проявляющие взаимный физиологический антагонизм [8].

Влияние токсичных концентраций тяжелых металлов на растения приведено в таблице 1, а на здоровье человека и животных – в таблице 2.

Химические формы существования ТМ в атмосфере могут оказать значительное влияние на степень экологического воздействия на окружающую среду, поскольку они определяют токсичность ТМ, а также доступность для живых организмов.

Таблица 1 – Влияние токсичных концентраций некоторых тяжелых металлов на растения [2-4]

Элемент	Концентрация в почве, мг/кг	Реакция растений на повышенные концентрации тяжелых металлов
<b>Pb</b>	100-500	Ингибирование дыхания и подавление процесса фотосинтеза, увеличение содержания кадмия и уменьшение поступления цинка, кальция, фосфора, серы, понижение урожайности, ухудшение качества растениеводческой продукции. Внешние симптомы – появление темно-зеленых листьев, скручивание старых листьев, чахлая листва.
<b>Cd</b>	1-13	Нарушение активности ферментов, процессов транспирации и фиксации CO <sub>2</sub> , торможение фотосинтеза, ингибирование биологического восстановления NO <sub>2</sub> до NO, затруднение поступления и метаболизма в растениях ряда элементов питания. Внешние симптомы – задержка роста, повреждение корневой системы, хлороз листьев.
<b>Zn</b>	140-250	Хлороз молодых листьев

Таблица 2 – Влияние загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами на здоровье человека и животных [6-8]

Элемент	Характерные заболевания при высоких концентрациях тяжелых металлов в организме
<b>Pb</b>	Повышение смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, рост общей заболеваемости, изменения в легких детей, поражения органов кроветворения, нервной и сердечно-сосудистой системы, печени, почек, нарушения течения беременности, родов, менструального цикла, мертворождаемости, врожденных уродств. Угнетение активности многих ферментов, нарушение процессов метаболизма.
<b>Cd</b>	Нарушения функций почек, ингибирование синтеза ДНК, белков и нуклеиновых кислот, понижение активности ферментов, замедление поступления и обмена других микроэлементов (Zn, Cu, Se, Fe), что может вызвать их дефицит в организме.
<b>Zn</b>	Изменение морфологического состава крови, злокачественные образования, лучевые болезни; у животных – уменьшение прироста живой массы, депрессия в поведении, возможность абортов.
<b>Cu</b>	Увеличение смертности от рака органов дыхания

В ряде исследований показаны особенности преобразования оксидов тяжелых металлов, присутствующих в осажденной на почвы промышленной пыли. Первый этап трансформации заключается во взаимодействии оксидов с почвенным раствором и его компонентами. Очевидно, что основным процессом, контролирующим уровень металлов в почвенных растворах, является адсорбция. Происходит растворение оксидов и адсорбция почвой катионов металлов, образующихся при растворении оксидов. Следующим этапом трансформации после растворения неустойчивых оксидов, является ионообменная и специфическая адсорбция. Ионы тяжелых металлов способны специфически адсорбироваться почвами с образованием относительно прочных связей координационного типа с некоторыми поверхностными функциональными группами. Специфическая адсорбция происходит в плотной части двойного электрического слоя. Она более избирательна, чем неспецифическая, и зависит как от свойств сорбируемых ионов, так и от природы поверхностных функциональных групп, поэтому тяжелые металлы сильно адсорбируются почвами из растворов. В общем случае, процесс трансформации поступивших в почву техногенных металлов (например, Pb, Zn и Cd) можно представить следующим образом: 1) преобразование оксидов Pb и Cd в гидроксид (карбонат, гидрокарбонат) Pb и карбонат Cd; 2) растворение оксида Zn, гидроксида (карбоната, гидрокарбоната) Pb, карбоната Cd и адсорбция катионов тяжелых металлов твердыми фазами почв; 3) образование фосфатов тяжелых металлов. Трансформация соединений тяжелых металлов в почвах приводит к быстрому уменьшению водорастворимых фракций металлов, содержание которых возрастает с дозой внесения металла и существенно зависит от pH. В загрязненных почвах металлы претерпевают трансформационные изменения в зависимости от особенностей самого металла. Так, Cd связывается почвами преимущественно в обменной форме, Pb – в составе органического вещества, Zn – оксидами и гидроксидами железа. Различия в сорбирующей способности обусловлены присутствием в почвах специфически адсорбирующих тяжелые металлы компонентов (гумусовые вещества, соединения железа, карбонаты), а прочность связи с этими компонентами зависит от pH почвенного раствора [9].

**Заключение.** Таким образом, попавшие в почву металлы, прежде всего их мобильные формы, претерпевают различные трансформации. Один из основных процессов, влияющих на их судьбу в почвах, – это закрепление гумусовым веществом, что осуществляется путем образования металлами солей с органическими кислотами, адсорбции

ионов на поверхности органических коллоидных систем или заком-плексовывания их гумусовыми кислотами. Естественно, что во многих регионах для преобразования состава пыли и форм нахождения, связанных с ней химических элементов, большое значение имеют продолжительность периода существования устойчивого снегового покрова и характеристики весеннего снеготаяния.

### **Библиографический список:**

1. Галиулина, Р.А. Извлечение растениями тяжелых металлов из почвы и водной среды / Р.А. Галиулина, Р.В. Галиулин, В.М. Возняк // *Агрохимия*. – 2003. – №12. – С.60-65.
2. Ильин, В.Б. Система показателей для оценки загрязненности почв тяжелыми металлами / В.Б. Ильин // *Агрохимия*. – 1995. – № 1. – С. 94-99.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
4. Кочетков, П.П. Определение формальдегида в воде методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием твердофазной экстракции / П.П. Кочетков, А.Г. Малышева, В.В. Глебов // *Гигиена и санитария*. – 2017. – №3. – С. 93-96.
5. Кулиева, Г.А. Мониторинг загрязнения почв полигонов тяжелыми металлами и радионуклидами / Г.А. Кулиева, В.В. Глебов, А.А. Касьяненко // В сборнике: *Современные методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования факторов окружающей среды, влияющих на здоровье человека. Материалы Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды, посвященного 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А.Н. Сысина» Минздрава России: в 2-х частях*. – 2016. – С. 335-337.
6. Панин, М.С. *Химическая экология*. Семипалатинск. – 2002 г. – 852 с.
7. Пинский, Д.Л. Физико-химические аспекты мониторинга тяжелых металлов в почвах / Д.Л. Пинский // *Региональный экологический мониторинг*. – М.: Наука. – 1983. – С.114-120.
8. Ринькис, Г.Я. *Методы анализа почв и растений* / Г.Я. Ринькис, Х.К. Рамане, Т.А. Куницкая. – Рига: Зинатне. – 1987. – 174 с.
9. Розанов Б.Г. Основные тенденции изменения почвенного покрова земли под воздействием человека / Б.Г.Розанов, А.Б.Розанов // *Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв*. М.: Геос, 1999. – 278 с.

## CONTENTS AND FORMS OF FINDING OF HEAVY METALS IN THE SOIL LAYER

Askarova D.A., applicant

Glebov V.V., Candidate of Biology, Associate Professor of the Peoples' Friendship University of Russia

**Key words:** heavy metals, soil, transformation, phytotoxicity, ecology

*In work contents and forms of finding of heavy metals in a soil layer is described. Various mechanisms of transformation of the metals (their mobile forms) which have got to the soil are presented. One of the main processes influencing migration in soils is a fixing with humic substance. It is carried out by education by metals of salts with organic acids, adsorptions of ions on surfaces of organic colloidal systems or formation of complexes with their humic acids. Process of transformation of metals in the soil depends on many factors: climatic, seasonal, ecological, and anthropogenic and others.*

УДК 57.042; 631.4

## РАЗЛИЧНЫЕ ПОДХОДЫ ПО СНИЖЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВЕННОГО СЛОЯ

Аскарова Д.А., соискатель

ФГАОУ ВО РУДН, [danara.84@mail.ru](mailto:danara.84@mail.ru)

**Ключевые слова:** загрязнение, тяжелые металлы, почва, природная среда.

*В работе представлены различные подходы по снижению загрязнения тяжелыми металлами почвенного слоя. Мероприятия, рекомендуемые к применению на загрязненных тяжелыми металлами почвах, можно разбить на две группы. Первая группа, необходимая на землях сельскохозяйственного назначения, направлена на снижение подвижности тяжелых металлов в почвах. Она включает в себя известкование, внесение минеральных и органических удобрений, искусственных и природных сорбентов. Вторая группа мероприятий, рекомендуемая для земель в пределах населенных пунктов, не используемых в сельскохозяйственных целях, включает в себя промывку почв, замену загрязненного грунта на привозной.*

Почва является важным компонентом природной среды. Эколо-