

А.А. Черепанов, В.Т. Кардаш // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2009. – № 2. – С. 98–115.

5. Мнушкин И.И. Флотационное обогащение золы тепловых электростанций [Текст] / И.И. Мнушкин, Н.Н. Черныш // Обогащение полезных ископаемых. – 1987. – № 37. – С. 50–54.

6. Егоров П.А. Технология переработки зол тепловых электростанций [Текст] / П.А. Егоров // Збагачення корисних копалин. – 2004. – № 19 (60). – С. 51–57.

7. Способ переработки зол тепловых электростанций [Текст] : авт свид-во № 1536580 : СССР: В 03 D 1/00 / И.И. Мнушкин, П.А. Егоров, О.Б. Нетяга, О.И. Темченко; заявитель Днепропетровский горный институт. – заявка № 4375531. – заявл. 13.11.1987; опубл. 15.09.1989.

8. Егоров П.А. О механизме поверхностного натяжения в процессах обогащения полезных ископаемых [Текст] / П.А. Егоров, Е.Е. Серго // Обогащение полезных ископаемых. – 1987. – № 37. – С. 60–63.

9. Мнушкин И.И. Магнитная сепарация зол ТЭС [Текст] / И.И. Мнушкин, О.Б. Нетяга, Ю.С. Мостыка // Обогащение полезных ископаемых. – 1990. – № 40. – С. 62–67.

10. Способ переработки углеродсодержащих систем [Текст] : авт свид-во № 1557760 : СССР: В 03 D 1/00 / И.И. Мнушкин, П.А. Егоров, О.Б. Нетяга [и др.]; заявитель Днепропетровский горный институт. – заявка № 4403293. – заявл. 04.04.1988; опубл. 15.12.1989.

## **СПОСОБЫ ДЕТОКСИКАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ, С ПОМОЩЬЮ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ**

*О.В. Деменко, Е.А. Борисовская, Национальный горный университет, Украина*

Рассмотрена проблема техногенного загрязнения почв тяжелыми металлами. Приведен обзор способов детоксикации почв, основанных на применении природных минеральных сорбентов, рассмотрены их преимущества и недостатки. Обозначены перспективные направления дальнейших исследований в данной области.

Экологическая ситуация, сложившаяся на территориях промышленных агломераций, требует внедрения первоочередных мероприятий, направленных на обеспечение минимизации и предупреждения загрязнения тяжелыми металлами объектов окружающей среды. Особое место занимает загрязнение почв, уровни которого в ряде случаев достигают опасных величин. В окрестностях крупных промышленных предприятий, выбрасывающих в атмосферу большое количество вредных веществ, сформировались экологически неблагоприятные зоны с сильно-загрязненными почвами. Почва, являясь своеобразным биохимическим фильтром, способна задерживать и инактивировать ТМ в течение длительного времени. Однако при возрастающем загрязнении защитные возможности почвы исчерпываются и ТМ поступают в избыточных количествах в природные воды, растения и далее по трофической цепи в организмы животных и человека.

Многие ТМ обладают большим сродством к физиологически важным органическим соединениям (например, к ферментам) и способны их инактивировать. Избыточное поступление ТМ в живые организмы нарушает процессы метаболизма, тормозит рост и развитие. В сельском хозяйстве это отражается на качестве продукции и в снижении её выхода. В овощных и кормовых культурах накопление ТМ нередко достигает опасного для людей и животных уровня без заметных внешних проявлений. Поступившие в организм человека ТМ выводятся очень медленно, и даже небольшие их поступления с пищей могут вызвать кумулятивный эффект.

Помимо здоровья человека и животных ущерб наносится и экосистеме региона в целом. Накапливаясь в почве в больших количествах, тяжелые металлы способны изменять многие

ее свойства. Прежде всего, изменяются биологические свойства почвы: снижается общая численность микроорганизмов, сужается их видовой состав, падает интенсивность основных микробиологических процессов и активность почвенных ферментов и т.д. Сильное загрязнение ТМ приводит к изменению и более консервативных признаков почвы, таких как гумусное состояние, структура, рН среды и др. Результатом этого является частичная, а в ряде случаев и полная утрата почвенного плодородия.

В связи с вышесказанным, весьма актуальными на сегодняшний день являются вопросы поиска путей уменьшения негативного влияния тяжелых металлов на грунтовые экосистемы. Одним из эффективных путей решения данной проблемы является детоксикация загрязненных почв и территорий – совокупность приемов, методов, приводящих к ослаблению или полному освобождению от токсического действия ТМ, а также создание в почвах благоприятных условий для ее самоочищения.

Мероприятия по детоксикации техногенно загрязненных почв, представлены следующими методами:

- физические – удаление загрязненного шара почвы и его захоронение;
- химические – инактивация или снижение токсического действия поллютантов: за счет ионообменных смол, органических веществ, образующих хелатные соединения; известкованием, внесением органических веществ и удобрений, которые сортируют поллютанты или снижают их поступления к растениям; внесением минеральных веществ и удобрений;
- биологические – выращивание культур, устойчивых к загрязнению и способных выносить из почв токсичные вещества.

Обзор литературы и патентных источников по вопросу применения эффективных способов детоксикации загрязненных почв показал, что в настоящее время особо выделяются методы, основанные на использовании природных материалов, обладающих сорбционными свойствами.

Все большее применение в мировой практике находят минеральные алюмосиликатные адсорбенты, которые характеризуются высокой поглощательной способностью, устойчивостью к воздействиям окружающей среды и могут служить прекрасными носителями для закрепления на поверхности различных соединений. Особое внимание ученых привлекают цеолиты, глаукониты и различные глинистые минералы. Их широкое распространение в природе, низкая стоимость и простая технология применения наряду с достаточно высокими сорбционными свойствами делают перспективным использование этого природного сырья в качестве сорбентов для очистки почв.

Ниже приведено изложение результатов ряда существующих исследований по возможным способам использования вышеназванных природных материалов для детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами.

Цеолиты – природные гидроалюмосиликаты каркасного строения, структура которых включает в себя полости и каналы молекулярного размера, занятые подвижными катионами и молекулами воды. Фото поверхности цеолита с увеличением в 10000 раз показывает наличие в его структуре входных «окон», пор и каналов (рис. 1).

Эти минералы действуют по принципу молекулярных сит, разделяя смеси веществ в зависимости от размеров атомов и молекул. Структурные особенности цеолитов определяют участие в ионообменном процессе только катионов, в основном катионов тяжелых металлов. Наибольшей емкостью обладает Na-форма цеолита. Равновесная обменная емкость типичного цеолита клиноптиллолита составляет (м-экв/100 г): для свинца – 96-196, кадмия – 125, ртути – 237, меди – 95-107, цинка – 109, кобальта – 44, никеля – 17.

При изучении сравнительной адсорбции свинца на клиноптиллолите и альфисоли в диапазоне рН 3-5 доказано, что цеолит адсорбирует в 20-30 раз больше свинца, чем минералы почвы, которая практически не зависит от рН среды, но сопровождается увеличением ионов кальция, натрия и калия в почвенном растворе. Итогом исследования стала рекомендация к использованию клиноптиллолита для ремедиации почв, загрязненных свинцом в широком диапазоне рН-фактора. Эксперимент по использованию иранского

клиноптиллолита на загрязненных почвах провинции Гилян (Северный Иран) показал, что внесение цеолита стабилизирует содержание *Cd* на уровне предельно-допустимой концентрации. Причем адсорбция возрастает с увеличением дозы цеолита. Также имеет значение и объем пор цеолита. Так, внесение цеолита с 15 и 75 % объема пор снижало содержание *Cd* на 12 и 35 % соответственно.



Рис. 1. Фото поверхности цеолита с увеличением (ГК "Цеолит технологии", 2010)

Внесение в почву клиноптиллолита в дозе 15 т/га увеличивает емкость поглощения почвы на 15-20%, последствие длится от 7 до 20 лет.

Ряд специальных исследований по изучению эффективности действия цеолитов на конкретных территориях и почвах показывает избирательную способность данного сорбента по отношению к некоторым тяжелым металлам. К примеру, внесение цеолитов в количестве 100 т/га в техногенно загрязненные черноземы г. Белово Кемеровской области достоверно снизило токсичность цинка и свинца, а содержание подвижного кадмия оставалось на прежнем уровне. Использование цеолитов на модельно загрязненной ТМ дерново-подзолистой почве в дозе 300 т/га заметно снижало содержание в почве подвижного цинка, тогда как количество кадмия и свинца оставалось практически на прежнем уровне. Противоречия, связанные с детоксикацией свинца цеолитом, возможно, обусловлены разницей почвенно-климатических условий, спецификой загрязнения почв ТМ и физико-химическими особенностями цеолитов разных месторождений. При изучении иммобилизации ионов цинка с применением двух естественных цеолитов (Западная Турция) доказано, что при  $pH < 4$  цеолиты неэффективны, так как распадается их кристаллическая структура. В диапазоне  $pH$  4-6 основным механизмом является ионный обмен. В целом из двух цеолитов предпочтительнее использовать цеолит Gordes, так как он адсорбирует ионы цинка в два раза более эффективно.

Поскольку разработка приемов детоксикации на загрязненных тяжелыми металлами почвах является необходимым мероприятием при выращивании на них сельскохозяйственных культур, важно учитывать реакцию последних на внесение сорбентов в почвы.

Так, имеются данные о том, что, хотя внесение цеолита не снижает содержание подвижного свинца при использовании на дерново-подзолистых почвах, тем не менее, оно уменьшает почти вдвое и более накопление металла фитомассой ячменя.

При изучении эффекта использования цеолита, компоста и гашеной извести на содержание *Pb*, *Cd*, *Zn* на почвах юго-запада Италии и оценке влияния тяжелых токсичных металлов на рост и их накопление в проростках *Lupinus albus L.* в условиях вегетационного опыта, цеолит был наиболее эффективен в отношении ионов кадмия, а также способствовал увеличению корней и наземной биомассы белого люпина.

Установленным является инактивирующее влияние морденитсодержащих цеолитовых туфов Мухор-Талинского месторождения, расположенного в 100 км от г. Улан-Удэ, на подвижность ТМ в почвах Забайкалья и на уровень их поступления в растения картофеля и

однолетних трав.

В вегетационных опытах на искусственно-загрязненных тяжелыми металлами почвах при сравнительном изучении клиноптилолита, гидроксиапатита и смешанного оксида железа показано, что доза цеолита 42 кг/га в большинстве случаев уменьшает поглощение *Cd* и *Pb* кукурузой и ячменем эффективнее, чем гидроксиапатит и оксид железа. Использование цеолитовых туфов области Метаксадес (Фракия, Греция) по отношению к почвам, загрязненным ртутью, сказалось на уменьшении ее накопления в проростках и корнях люцерны.

Глаукониты – калий содержащие водные алюмосиликаты, минералы из группы гидрослюдов подкласса слоистых силикатов непостоянного и сложного состава. Для глауконитов характерна высокая ионообменная способность (до 15-20 мг-экв на 100г породы) и удельная поверхность (до 100-115 м<sup>2</sup>/г), и как следствие – весьма значительная поглотительную способность.

На электронно-микроскопических фото поверхности глауконитового зерна с увеличением в 10000 и 20000 раз видна типичная для глауконитов наноструктура с хаотично распределенными чешуйками смектит-иллита, размером в 1-2 мкм, имеющими изрезанные и фестончатые края (рис. 2).

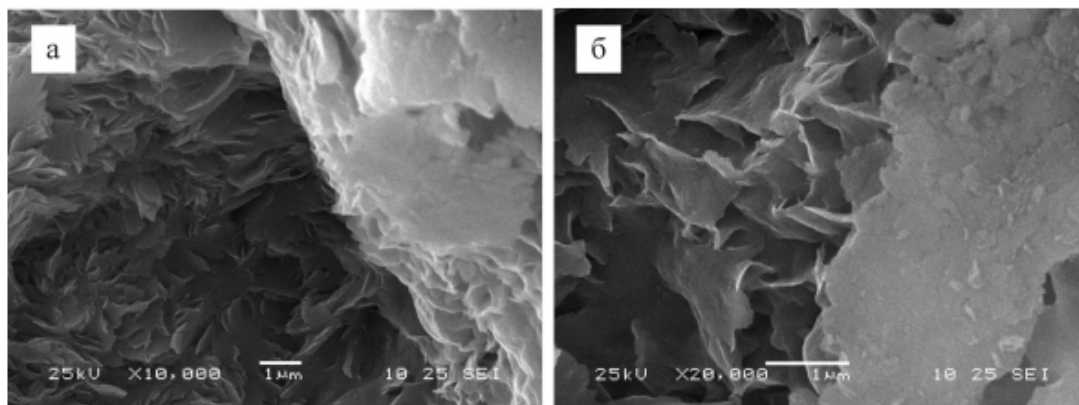


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение поверхности глауконитового зерна при увеличении 10000 (а) и 20000 (б) (Афанасьева и др. 2012)

Отличительной особенностью глауконита от цеолитов является то, что он обладает не каркасным, а слоистым строением. При этом часть внутримолекулярных сил неуравновешенна взаимодействием с расположенными в полости одного такого слоя, ионами химических элементов. Эти силы могут вступать во взаимодействие с ионами химических веществ, содержащихся в растворах или воздухе, в результате чего они скапливаются на активных поверхностях пластинок, составляющих общий кристалл. Площадь активной поверхности значительно увеличивается и в этом состоит основное отличие глауконита от цеолита.

Глауконитовые пески привлекают внимание, прежде всего, низкой стоимостью продукта, высоким содержанием калия (до 9%), способностью высвобождать калий в виде легкоусвояемых соединений на протяжении длительного времени, способность сорбировать нуклиды, тяжелые металлы и токсиканты.

Обнадеживающие результаты получены при изучении влияния глауконита на урожайность и качество ячменя в условиях высокого загрязнения почв свинцом. Оптимальным составом химического мелиоранта является 2 кг/м<sup>2</sup> глауконита в смеси с 5 кг/м<sup>2</sup> навоза.

Моделирование техногенного загрязнения почвы показало высокую эффективность применения глауконитов в комбинации с птичьим пометом и фосфогипсом при детоксикации почв от тяжелых металлов. Так, при внесении компоста, состоящего из птичьего помета и глауконита (1:1) в первый год проведения опытов содержание *Cu* уменьшилось на 28%, *Ni* – 26%, *Pb* – 21,5%, *Zn* – 35%. Концентрация *Cd* в почве не изменилась. На третий год исследований содержание *Zn* уменьшилось на 72%, *Ni* – 58%, *Pb* – 51%, *Cd* – 30%, *Cu* – 55%.

При сочетании птичьего помета, фосфогипса и глауконита в соотношении 1:1:1 поглощение тяжелых металлов на третий год после внесения компоста составило от 49,0% до 82,0%, в том числе *Ni* и *Zn* – до 69,0 и 82,0% соответственно. Предложенные удобрительно-мелиорирующие компосты кроме снижения негативного воздействия загрязняющих веществ на почвы способствуют улучшению мелиоративного состояния орошаемых черноземов, восстановлению их плодородия.

Глина — мелкозернистая осадочная горная порода, состоящая из одного или нескольких минералов группы каолинита, монтмориллонита или других слоистых алюмосиликатов (глинистые минералы), но может содержать и песчаные и карбонатные частицы.

Внесение глин, содержащих минералы с расширяющейся кристаллической решеткой (монтмориллонит, иллит, вермикулит), позволяет значительно увеличить катионообменную емкость почв. Прочность связи тяжелых металлов с глинистыми минералами зависит от их строения и возрастает от каолинита к монтмориллониту. Прочность связи также зависит от рН среды и содержания органического вещества. Отмечено, что почвенные глинистые минералы сорбируют тяжелые металлы тем сильнее, чем больше органического вещества содержится в почве. Имеют значение и свойства самих металлов. Установлено, что прочность фиксации глинистыми минералами убывает в ряду:  $Pb^{2+} > Zn^{2+} > Cd^{2+}$ .

Показана возможность применения глин для адсорбции тяжелых металлов в почвах на примере использования бентонитовой глины Кудринского месторождения Украины. Для исследования сорбционных способностей глин на территории были проведены экспериментальные исследования по применению бентонитовых суспензий различной концентрации (30, 20 и 10%) для санирования территории Севастопольского цеха ЗАО «Крымвтормет», загрязненной тяжелыми металлами, содержания которых превышают ПДК в 2–83 раза.

Этапы исследования состояли из нанесения суспензий на определенный участок, выдерживания их до высыхания и самоотслаивания (1-2 сут.) и сбора высохшей пленки. Расход раствора составил 2,0 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup>. Результаты показали общую закономерность: больше всего загрязненных частиц захватывается 10%-й суспензией бентонита (табл. 1). Установлено, что бентонитовая глина обеспечивает сорбцию металлов: цинка до 80%, меди – 78%, кадмия – 80%, свинца – 50%. На основании проведенных исследований сделаны выводы о целесообразности использования бентонитовых глин для урбанизированных территорий.

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в бентонитовой глине до и после санирования территории ЗАО «Крымвтормет», мг/кг

| Проба     | <i>Zn</i> | <i>Cd</i> | <i>Pb</i> | <i>Cu</i> | <i>Ni</i> | <i>Co</i> | <i>Cr</i> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Почва     | 1500      | 15        | 2500      | 320       | –         | –         | –         |
| Участок 1 |           |           |           |           |           |           |           |
| 10% глины | 1200      | 12        | 320       | 250       | 150       | 10        | 100       |
| 20% глины | 1000      | 12        | 200       | 220       | 80        | 8         | 80        |
| 30% глины | 900       | 8         | 140       | 150       | 40        | 8         | 40        |
| Участок 2 |           |           |           |           |           |           |           |
| 10% глины | 630       | 10        | 1000      | 200       | 63        | 12        | 150       |
| 20% глины | 600       | 8         | 800       | 80        | 40        | 10        | 120       |
| 30% глины | 500       | 8         | 630       | 120       | 32        | 6         | 100       |
| Участок 3 |           |           |           |           |           |           |           |
| 10% глины | 1000      | 10        | 1500      | 250       | 120       | 20        | 120       |
| 20% глины | 800       | 6,3       | 1000      | 180       | 80        | 15        | 100       |
| 30% глины | 450       | 5         | 700       | 50        | 60        | 8         | 100       |

Примечание. Участок: 1 – территория склиза; 2 – площадка резки цветных металлов; 3 – цех резки с установкой гидравлических ножниц.

Авторы препарата «Чистозём», представляющего собой смесь глинистых минералов монтмориллонита и палыгорскита, сообщают, что препарат эффективно сорбирует все ТМ в

совместном присутствии. Это свойство делает его незаменимым в тех случаях, когда нет достоверной информации о составе загрязняющих веществ. При совместном присутствии в растворе равных концентраций *Zn*, *Cu*, *Cd*, *Pb* и *Ni* наибольшей от суммы поглощённых препаратом элементов была доля *Zn* и *Cu* (25 и 27% соответственно).

Способ очистки сельскохозяйственных земель заключается в добавлении монтмориллонита и палыгорскита. в количестве более 2 т на 1 га земель с последующим перемешиванием. Монтмориллонит применяется преимущественно в тех случаях, когда решается задача рекультивации сильно загрязнённых почв. Одновременно происходит улучшение водно-физических и агрономических свойств почв, увеличиваются запасы питательных веществ, нарастает масса симбиотического аппарата азотфиксаторов. Палыгорскит несколько слабее сорбирует тяжелые металлы, но его действие, как мелиоранта на легких и истощенных почвах, существенно сильнее, благодаря высокой емкости катионного обмена (250 ммоль-экв/100 г).

Расчеты по результатам лабораторных данных показали, что внесение 2-3 т препарата «Чистозем» на 1 га пашни снижает содержание ТМ 1-го класса опасности со среднего уровня до низкого. Анализ суммарного урожая четырех вегетационных опытов и грунта на содержание *Cd* показал, что доза 3 т/га оказывается вполне достаточной для того, чтобы в 2 раза снизить возможность попадания ТМ в растения.

Использование сорбентов на основе природных силикатов при дозах внесения 2-3 т/га также повышает урожайность в среднем на 15-20%. Но особая ценность этих мелиорантов заключается в их способности увеличивать последствие органических и минеральных удобрений на 5-7 лет, что существенно сокращает затраты на сельскохозяйственное производство и позволяет получать экологически чистую продукцию.

В отличие от других сорбентов, применяемых в агроэкологических целях, в частности, цеолитов или цеолитсодержащих смесей предлагаемые мелиоранты устойчивы в почве. Это связано со строением их кристаллической решетки и подтверждается наличием длительно существующих (геологическое время) природных смектитовых (монтмориллонитовых) и палыгорскитовых кор выветривания и почвенных образований.

Подводя итог краткому обзору применения природных сорбентов для детоксикации загрязнённых почв, можно отметить, что их использование выгодно тем, что они являются относительно доступным сырьем, обладают высокой степенью сорбции, сохраняют свою активность в течение долгого времени, продлевают действие удобрений, предохраняя растворимые компоненты от вымывания из почвы, снижают содержание токсичных элементов в растительности.

Однако, несмотря на все описанные выше преимущества, необходимо отметить, что рассмотренные природные минеральные сорбенты эффективно сорбируют элементы, принадлежащие к группе тяжелых металлов, как токсичные для растений, так и являющиеся микрокомпонентами минерального питания (например, *Zn*, *Cu*). Следовательно, возможно ухудшение условий питания растений биогенными микроэлементами.

Таким образом, необходимы дальнейшие исследования в области разработки способов детоксикации загрязнённых тяжелыми металлами почв при помощи природных сорбентов.

#### Список использованной литературы

1. Убугунов В.Л. Детоксикация почв Байкальского региона, загрязнённых тяжелыми металлами // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 2. С. 129-129.
2. Gorova, A., Pavlychenko, A., Borysovs'ka, O., (2013), The study of ecological state of waste disposal areas of energy and mining companies, Annual Scientific-Technical Colletion - Mining of Mineral Deposits, Leiden, The Netherlands : CRC Press / Balkema: pp. 169-171.
3. Павличенко А. В. Геохимическая оценка роли пород зоны аэрации в процессе загрязнения подземных вод тяжелыми металлами / А. В. Павличенко, А. А. Кроик // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2013. – № 5. – С. 93-99.
4. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Экология почв: Учебное пособие для студентов вузов. Часть 3. Загрязнение почв. Ростов-на-Дону: УПЛ РГУ, 2004. 54 с.

5. Кирейчева Л.В., Глазунова И.В. Методы детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами // Почвоведение. – 1995. – № 7. – С. 892–896.
6. Макаренко Н.О., Вакал С.В. Методи експериментальних досліджень ефективності екологічно безпечних мінеральних добрив // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2011. – Вип. 7. Частина 1.
7. Володин В.Ф., Челищев Н.Ф. Цеолиты – новый тип минерального сырья. М.: Недра, 1989. – 58 с.
8. Байдина Л.М. К использованию цеолитов в качестве поглотителей тяжелых металлов в техногенно загрязненной почве // Сибирский биологический журнал. – 1991. – № 6.
9. Везенцев А.И., Трубицын М.А., Голдовская-Перистая Л.Ф., Воловичева Н.А. Сорбционная очистка почв от тяжелых металлов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: естественные науки. – 2008. – Том 3. №6. – С.172-175.
10. Борисовская Е.А., Федотов В.В. Использование природных и синтетических материалов в качестве компонентов искусственных почвенных субстратов (обзор) // Науковий вісник НГУ. – 2011. – № 1. – С. 84-88.
11. Сизов А.П., Хомяков Д.М., Хомяков П.М. Проблемы борьбы с загрязнением почв и продукции растениеводства. – М.: МГУ, 1990. – 19 с.
12. Бодня М.С. Применение цеолитсодержащего минерального сырья для ре медиации техногенно загрязненных почв // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2008. – Том 2. №1(11). – С.142-149.
13. Григора Т.И. Действие и последствие цеолита-клиноптиллолита на плодородие дерново-подзолистой почвы // Земледелие (Киев). – 1985. - № 60. – С. 31-35.
14. Минеев В., Кочетавкин А., Нгуен В. Использование природных цеолитов для предотвращения загрязнения почвы и растений тяжелыми металлами // Агрохимия. – 1989. – № 8.
15. Обухов А.И., Плеханова И.О. Детоксикация дерново-подзолистых почв, загрязненных тяжелыми металлами: теоретические и практические аспекты // Агрохимия. – 1995. – № 2. – С. 108-116.
16. Castaldi, P. Heavy metal immobilization by chemical amendments in a polluted soil and influence on white lupin growth / P. Castaldi, L. Santona, P. Melis // Chemosphere. – 2005. – Vol. 60, Is. 3. – Pp. 365–371.
17. Курбаниязов С.К., Абдимуталип Н.А. Широкие спектры применения глауконитов и их роль в современном обществе // Исследования в области естественных наук. – Май 2012. - № 5
19. Титова В.И., Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Краснов Д.Г. Рекомендации по экологической оценке и мерам снижения загрязнений почв и прилегающих к сельскохозяйственным угодьям компонентов окружающей среды / Нижегородская гос. с.-х. академия. – Н. Новгород: НГСХА, Изд-во ВВАГС, 2005. – 60 с.
20. Аблаева Л.А. Перспективные направления использования природных глин для очистки урбанизированных территорий / Л.А. Аблаева, Е.А. Борисовская // Доповіді Національної академії наук України. – 2011, № 3. – С. 187-192.
21. Черняховский Д.А. "CLAY farming" – будущее глинистых сорбентов в земледелии // Агроэкологический вестник. – 2003. – № 4. – С. 34-40.

## **ЗАПРОВАДЖЕННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ НА ТЕРИТОРІЇ м. БОРИСЛАВА**

*О.І. Романюк, Л.З. Шевчик, Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, Україна*

Представлено результати проведення комплексного екологічного моніторингу території м. Борислава. Визначено середні, максимальні та мінімальні концентрації основних хімічних інгредієнтів та найбільш поширених забруднювальних речовин у криницях, річках, потічках, ґрунті та повітрі.

Якщо думати про майбутнє, то єдиним продуктивним шляхом відвернення техногенно-екологічних загроз є перехід від схеми реагування на події (аварії та катастрофи) до створення системи попереджувального контролю безпеки, важливою складовою якого є