

## **РЕКУЛЬТИВАЦИЯ СВАЛОК И ПОЛИГОНОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ**

Пищяева К.В., Сапрошина А.А., Макарова А.С., акад. Челноков В.В.

*России находится большое количество полигонов, которые являются переполненными или срок эксплуатации которых истек. Данные территории оказывают негативное воздействие на компоненты окружающей среды, поэтому необходимо их обезвреживание [1]. Наиболее распространенными сооружениями по обезвреживанию удаляемых из города ТКО являются полигоны. Площадь участка, отводимого под полигон, выбирается из условия срока его эксплуатации не менее 15—20 лет [2].*

*При закрытии полигонов ТКО неизбежно возникновение потребности в рекультивации, для возвращения земель в пригодное для эксплуатации состояние. Актуальность изучения способов очищения почвы от тяжелых металлов, таких как свинец и ртуть обусловлена постоянным ростом степени загрязнения почвы вследствие ежегодного увеличения объема производства и применения их в различных областях промышленности [3]. Одними из самых распространенных металлов, содержащихся, попадающих на полигоны и в почвы вокруг них, являются ртуть и свинец, что вызывает серьезное загрязнение почвы.*

*Ключевые слова: загрязнение почвы, рекультивация, тяжелые металлы, биопрепарат.*

Восстановление окружающей среды при помощи растений вызывает широкий интерес во всем мире благодаря возможностям, которые открывает технология фиторемедиации для очистки верхних слоев загрязненных почв [4].

Применение технологии фиторемедиации может оказаться весьма перспективным для обезвреживания свалок твердых коммунальных отходов (ТКО) [5].

Биологический этап рекультивации включает мероприятия по восстановлению территории закрытых полигонов для их дальнейшего целевого использования в народном хозяйстве. К нему относится комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на восстановление нарушенных земель [5].

Исследования показывают, что растения позволяют очистить окружающую среду от металлов, поэтому идет постепенное внедрение фиторемедиации – использования зеленых растений для удаления загрязнителей из пахотного слоя почв или превращения последних в безвредные соединения, как природоохранная технология [6]. Показано также, что культивирование растений-гипераккумуляторов тяжелых металлов на загрязненных территориях позволяет очистить почву от избытка металлов. Разные виды растений обладают неодинаковой способностью накапливать металлы. Аккумуляция больших количеств металлов некоторыми видами растений во многом определяется их морфофизиологическими особенностями.

Для проведения экспериментов по накоплению тяжелых металлов использовалось стандартное лабораторное оборудование, фитолампа, вегетационные сосуды, также семена растений: «Рожь озимая» (лат. *Secale cereale*), «Овёс яровой» (лат. *Avena sativa*), «Фасоль» (лат. *Phaseolus vulgaris*), «Горох» (лат. *Pisum*), «Клевер луговой» (лат. *Trifolium pratense*), «Редька масличная» (лат. *Rhophanus sativa var. oleifera leetzg*). Данные растения распространены в России и являются быстрорастущими.

После произрастания семян горчицы белой (лат. *Sinápis álba*) в вегетационные сосуды были многократно добавлены различные концентрации  $Pb(NO_3)_2$  - 130 мг/кг, 500 мг/кг и 1000 мг/кг для 1,2 и 3 вегетационных сосудов соответственно.

Также для эксперимента с  $Hg(NO_3)_2$  были выбраны следующие концентрации: 0,03 мг/мл, 0,15 мг/мл и 0,3 мг/мл для 1,2 и 3 горшков соответственно.

По окончании эксперимента было проанализировано содержание ртути и свинца в почве вегетационных сосудов и в растениях. Образцы почвы и горчицы были экстрагированы деионизованной водой в течение 4 ч при 100°C, экстракт профильтрован через фильтр "синяя лента", фильтрат был проанализирован. Образцы листьев горчицы полностью проминерализованы в системе микроволнового разложения при 190°C.

**Таблица 1 - Содержание Pb в листьях горчицы белой (лат. *Sinapis alba*) и в почве вегетационных сосудов [7]**

|                                                                          | Сосуд №1      | Сосуд №2         | Сосуд №3           |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------|--------------------|
| Содержание Pb в листьях Горчицы белой (лат. <i>Sinapis alba</i> ), мг/кг | $300 \pm 30$  | $5\,000 \pm 500$ | $20\,000 \pm 2000$ |
| Содержание Pb в почве, мг/кг                                             | $2,6 \pm 0,3$ | $3,8 \pm 0,4$    | $6,4 \pm 0,6$      |

По данным табл.1 горчицу белую (лат. *Sinápis álba*) можно отнести к аккумулянтам, так как она накапливает свинец в надземных органах. Причем количество накопленного вещества пропорционально количеству вещества, попадающего в почву.

**Таблица 2 - Содержание Hg в листьях горчицы белой (лат. *Sinapis alba*) [7]**

|                                                                          | Сосуд №1        | Сосуд №2        | Сосуд №3 |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|----------|
| Содержание Hg в листьях Горчицы белой (лат. <i>Sinapis alba</i> ), мг/кг | $0,38 \pm 0,04$ | $0,13 \pm 0,01$ | -        |

Содержание Hg в листьях горчицы белой из 1 вегетационного сосуда с наименьшей концентрацией нитрата ртути (0,03 мг/мл) превысило содержание Hg в листьях этого же растения из 2 сосуда с большей концентрацией (0,15 мг/мл).

В результате проведенных исследований было установлено, что растения способны накапливать тяжелые металлы в концентрациях в тысячи раз превосходящих их содержание в почве, что позволяет использовать их для извлечения металлов из почв в процессе фиторемедиации. Наиболее устойчивыми к действию ртути и потому подходящего для фиторемедиации почвы, загрязненным данным тяжелым металлом являются растения из семейства бобовых или злаковых.

В дальнейшем планируется исследовать способность различных видов растений очищать почву от различных тяжелых металлов, включая их композиции, в том числе будут определены остаточные количества металлов после очистки.

Данное исследование выполнялось в рамках гранта РФФИ №18-29-25071.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Куприенко П.С., Ашихмина Т.В., Овчинникова Т.В., Пинчук М.И., Рекультивация закрытых полигонов ТБО // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2017. – Т.1. – №8. – с. 445 - 447.
2. Makarova A.S., Meshalkin V.P., Klemeš J.J., Kudryavtseva E.I., Bulatov I., Ecological and Economic Model of Performance Evaluation of the Companies Involved in the Responsible Care®Program, Chemical Engineering Transactions, 61, p.1477–1482, 2017.
3. Haixin Yu, Jing Li, Yaning Luan, Meta-analysis of Soil Mercury Accumulation by Vegetables, Sci Rep., 2018, doi: 10.1038/s41598-018-19519-3
4. Растения полигонов захоронения бытовых отходов мегаполисов как перспективные виды для фиторемедиации. URL: <http://naukarus.com> (дата обращения: 25.04.2019).
5. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов: утв. Министерством строительства РФ 2 ноября 1996 г. – Москва – 40 с.
6. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам [отв. ред. Н.Н. Немова]; Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 172 с.
7. ГОСТ Р ИСО 22030-2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений». -М.: Стандартинформ, 2009. с. 20.

*Пищяева Ксения Витальевна, студентка Российского химико-технологического университета им. Д. И. Менделеева, [hurts.ivanova@yandex.ru](mailto:hurts.ivanova@yandex.ru)*

*Сапрошина Анастасия Александровна, студентка Российского химико-технологического университета им. Д. И. Менделеева E-mail: [nakasap@mail.ru](mailto:nakasap@mail.ru)*

*Макарова Анна Сергеевна, Д.т.н, Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, [Annmakarova@mail.ru](mailto:Annmakarova@mail.ru)*

*Челноков Виталий Вячеславович, Д.т.н, Профессор кафедры логистики и экономической информатики Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, [chelnokov@muctr.ru](mailto:chelnokov@muctr.ru)*