

# ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ КАК МЕТОД ОЧИСТКИ ПОЧВ

## Морозова М.А.

*Морозова Мария Андреевна - студент,  
кафедра экологической геологии,  
Институт наук о Земле*

*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург*

**Ключевые слова:** биоремедиация, фиторемедиация, экология.

В современных условиях, когда антропогенная нагрузка на экосистемы постоянно растет, а их устойчивость имеет определенные пределы, большой интерес вызывают различные биологические методы очистки окружающей среды. Эти методы считаются разумными и безопасными, так как основаны на естественных механизмах, встречающихся в природе. Одним из таких методов является фиторемедиация – очищения окружающей среды от различных загрязнителей при помощи живых растений.

Преимуществом использования растений, по сравнению с другими живыми объектами, например микроорганизмами, является их способность поглощать тяжелые металлы, в том числе токсичные. «Фитоэкстракция» подразумевает использование растений для извлечения загрязняющих веществ из окружающей среды. Процесс представляет собой транспорт металлов из окружающей среды в ткани растений через корни. Он может использоваться для ремедиации с ориентацией на свинец, радионуклиды с хромом, мышьяком и ртутью. Разрабатывается технология извлечения драгоценных металлов с высокой экономической значимостью, таких как никель, медь и т. д. Растения способны экстрагировать из почвы и воды например мышьяк, кадмий, медь, ртуть, селен, свинец и другие элементы. Растительную массу не составляет особого труда собрать и сжечь, а образовавшийся пепел или захоронить, или использовать как вторичное сырье. Фиторемедиация кроме того может быть использована для очищения почвы от металлоидов, нефтяных углеводородов, пестицидов, взрывоопасных или токсичных газов, хлорированных растворителей и ряда промышленных побочных продуктов. Коммерчески жизнеспособные системы фиторемедиации для очистки поверхностных водоносных горизонтов от растворенных загрязняющих веществ в настоящее время хорошо применяются на практике. Некоторые методы, которые заканчиваются улетучиванием, используются для устранения летучих форм загрязнителей. Эти методы в совокупности называются фитоволатилизацией. Недавно было показано, что некоторые трансгенные растения уменьшают содержание ртути из более опасных ионных и метилированных форм в элементарную ртуть, которая позднее испаряется. Аналогичная методика применима и для селена. В рамках «фитостабилизации» агрономические методы используются для стабилизации загрязненных участков на месте. Он главным образом служит для ограничения распространения загрязняющих веществ в окружающей среде для уменьшения дальнейшего ущерба. [1]

Таким образом, при извлечении растениями тяжелых металлов с помощью технологии фиторемедиации используются следующие механизмы: фитоэкстракция, фитостабилизация, ризофильтрация и фитоволатилизация.

Фитоэкстракция представляет собой поглощение, транслокацию загрязняющих веществ в надземные части растений, которые могут быть собраны и сожжены для получения энергии и утилизации металла из пепла. Фитостабилизация – использование определенных видов растений для иммобилизации загрязняющих веществ из почвы, через поглощение и накопление в тканях растений, адсорбции на корнях, предотвращая миграцию загрязняющих веществ в почве, а также их движение в результате эрозии и дефляции. Ризофильтрация – адсорбция на корнях растений веществ, находящихся в растворе, окружающей корневую зону. Применяется для очистки бытовых сточных вод. Фитоиспарение (фитоволатилизация) – поглощение и транспирация загрязнителя растением, с выделением загрязняющего вещества или его модифицированной формы в атмосферу. Процесс фитоволатилизации- это способность растений поглощать и впоследствии выделять загрязняющие примеси в атмосферу. При поглощении загрязняющих веществ растениями, их изменение через метаболические процессы в тканях или разрушение загрязняющих веществ через эффекты производимые соединениями растений непосредственно в окружающей среде происходят процессы фитотрансформации и фитодеградации. Эти процессы характерны для сложных органических молекул, которые разлагаются на более простые молекулы загрязняющих веществ в почвах, осадках, илах и грунтовых водах среды. [2]

Фиторемедиация стала эффективным и экономически выгодным методом очистки окружающей среды только после того, как обнаружили растения-гипераккумуляторы тяжелых металлов, способные накапливать в своих листьях до 5% никеля, цинка или меди в пересчете на сухой вес - то есть в десятки раз больше, чем обычные растения. Природа данного феномена еще до конца не раскрыта: возможно, что

высокое содержание токсичных элементов защищает растения от вредителей и делает их более устойчивыми к болезням.

Растения обладают эффективными механизмами получения необходимых им питательных элементов из окружающей среды, даже если они присутствуют в окружающей среде в очень малых количествах. Корни растений, благодаря продуцируемым растением хелатным агентам и индуцированному растениями изменению рН среды, окислительно-восстановительным реакциям, способны растворять и вбирать в себя микроэлементы из глубоких слоев почвы, а также даже из почти нерастворимых осадков. Растения также развили высокоспецифичные механизмы перемещения и накопления микроэлементов. Эти же механизмы вовлечены в процессы поглощения, перемещения и хранения токсичных элементов, чьи химические свойства сходны с химическими свойствами необходимых элементов. Растения, как правило, не накапливают микроэлементы сверх краткосрочных потребностей обмена веществ, а эти требования невелики. И эти требования колеблются в пределах от 10 до 15 ppm большинства микроэлементов, достаточных для большинства потребностей. Исключение составляют растения «гипераккумуляторы», которые могут поглощать токсичные ионы металлов на уровнях в тысячах промилле. Они представляют собой растения, которые достигают отношения концентрации металла в побеге к концентрации металла в корне больше одного. Неаккумулирующие растения обычно имеют отношение концентраций металлов в побеге к концентрации металла в корне значительно меньше единицы.

В большинстве случаев микроорганизмы, бактерии и грибы, живущие в ризосфере, увеличивают миграционную способность металлов- их перенос и любое перемещение в результате геохимических процессов, протекающих в земной коре и на ее поверхности (понятие миграции химических элементов введено Ферсманом, для водной миграции уравнение выведено Перельманом), способствуя мобилизации ионов металлов, увеличивая, таким образом, биодоступную фракцию. [3]

Некоторые тяжелые металлы – например, тот же свинец – даже при их высоком содержании в почве плохо экстрагируются растениями из-за того, что они находятся в виде малорастворимых соединений. Поэтому концентрация свинца в растениях обычно не превышает 50 мг/кг, и даже индийская горчица, генетически предрасположенная к поглощению тяжелых металлов, накапливает свинец в концентрации всего 200 мг/кг, даже если растет на почве, сильно загрязненной этим элементом.

Проблему удалось решить, когда обнаружили, что поступление тяжелых металлов в растения стимулируют вещества (например, этилендиаминтетрауксусная кислота), образующие с металлами в почвенном растворе устойчивые, но растворимые комплексные соединения. Внесение подобного вещества в почву, содержащую свинец в концентрации 1200 мг/кг, привело к тому, что концентрация тяжелого металла в побегах индийской горчицы возросла до 1600 мг/кг! [4]

С другой стороны, существуют определенные ограничения в отношении системы фиторемедиации. Среди них: метод отнимает много времени. Фиторемедиация может быть длительным процессом, и это может занять, по крайней мере, несколько сезонов. Промежуточные продукты, полученные из этих органических и неорганических загрязнений могут оказывать цитотоксическое действие на растения. Фиторемедиация также ограничена скоростью роста растений. Таким образом, для загрязнений, которые приводят к возникновению острых рисков для человека и окружающей среды, фиторемедиация не может быть выбрана методом восстановления. Фиторемедиация лучше всего подходит для отдаленных районов, где контакт человека с загрязнениями ограничен или там, где почвы не требуется очистить немедленно.

Получившаяся при фитоэкстракции растительная биомасса может быть классифицирована, как опасные отходы, следовательно, удаление должно быть правильным. Потребление загрязненной растительной биомассы также вызывает беспокойство - загрязняющие вещества могут по-прежнему попадать в пищевую цепь через животных / насекомых, которые питаются растительным материалом, содержащим загрязняющие вещества. [2]

Известно, что химический состав различных видов растений и даже их частей может довольно сильно различаться. К настоящему времени в живых организмах выявлены почти все химические элементы периодической системы. Их содержание в организмах изменяется в широких пределах, но в целом можно считать, что на некоторых участках биосферы с большой биомассой, на биогеохимических барьерах могут концентрироваться практически все химические элементы. [5]

### *Список литературы*

1. Vol. 9 No. 2 - April 2003. Bioremediation: Ecotechnology for the Present Century. Anil K. Gupta, Mohammad Yunus and Pramod K. Pandey.
2. A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation (Bieby Voijant Tangahu, Siti Rozaimah Sheikh Abdullah, Hassan Basri, Mushrifah Idris, Nurina Anuar, Muhammad Mukhlisin)

3. Геологический словарь: в 2-х томах. М.: Недра. Х.А. Арсланова, М.Н. Голубчина, А.Д. Искандерова и др.; Под редакцией К. Н. Паффенгольца и др.. 1978.
4. Душенков В., Раскин И. Ратгерский университет (Нью-Джерси, США). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.chem.msu.su/rus/journals/chemlife/fito.html/> (дата обращения: 08.06.2018).
5. Прикладная экибиотехнология: учебное пособие: в 2 т. Т. 2 / А.Е. Кузнецов [и др.]. 2-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.