

УДК 504.75.06:504.53

## БИОРЕМЕДИАЦИОННЫЙ МЕТОД КАК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ

**Воинов В.В.**

*Тобольский педагогический институт им. Д.И. Менделеева, филиал Тюменского государственного университета, Тобольск, e-mail: vitaly.voinow2015@yandex.ru*

В статье раскрыто понятие биоремедиационных методов очистки почв и их история развития, также проведён обзор основных методов биоремедиационной очистки почв, их особенностей и преимущества, а также, объяснён механизм очистки почвы основными биоремедиационными методами. Кроме того, в данной статье обоснована важность сохранения почвенных ресурсов от загрязнения и указана актуальность сохранения почвенных ресурсов, как одного из важнейших компонентов внешней среды жизнедеятельности человека. В данной работе, также, проведён теоретический анализ механизмов воздействия на почву наиболее распространённых видов загрязнений (нефтепродукты и тяжёлые металлы), обоснована их опасность и предложены способы очистки почвы от них методом биоремедиации. Приведены экономические аргументы в пользу использования данного метода в природопользовании и необходимость дальнейшего развития технологий этого метода.

**Ключевые слова:** биоремедиация, почва, хемотрофы, микрокультура

## BIOREMEDIATION METHOD AS THE MOST EFFECTIVE METHOD OF CLEANING SOIL

**Voynov V.V.**

*Tobolsk pedagogical Institute n.a. D I. Mendeleev, branch of Tyumen state University, Tobolsk, e-mail: vitaly.voinow2015@yandex.ru*

In the article the concept of Bormio methods of purification of soils and their history of development, also proved an overview of the main methods of Bormio cleaning of soils, their advantages and obesity, and explained the cleaning mechanism of soil, the main methods of Bormio. In addition, this article bosnian wait for conservation proved resources from pollution and indicated the relevance of the proven conservation of resources as one of the most important components of the external environment of human life. In this paper, also, proved a theoretical analysis of the mechanisms of action on the ground to deter most kinds of contaminants (oil products and heavy metal), bosnian their dangers and the proposed methods of cleaning the soil from them by the method of bioremediation. The economic arguments in favor of the use of this method in propolis and the need for further development of the technology of this method.

**Keywords:** bioremediation, soil, hemotrofy, microcultures

С нарастающими темпами развития нашей цивилизации под воздействием производственной деятельности человека увеличиваются и темпы изменения ландшафтов. Одно из самых опасных проявлений подобных техногенных изменений – загрязнение компонентов биосферы искусственными элементами. Самый трудно восстанавливаемый компонент биосферы, являющийся источником жизни для людей и растений, – это почва. Антропогенные изменения почвы могут непосредственно повлиять не только на здоровье организмов, живущих на ней и употребляющих произрастающие на ней растения в пищу, но и на такие компоненты окружающей среды, как вода и воздух. Существуют разные способы восстановления и очищения почв, но наиболее рациональным и натуральным является биоремедиация почвы с использованием естественного метаболического потенциала биологических объектов.

Главными искусственными компонентами, попадающими в биосферу под влиянием производственной деятельности человека, являются следующие: нефтепродукты, избытки минеральных солей, тяжёлые металлы, бытовой мусор и др. Насыщение компонентов биосферы подобными веществами приводит к разрушению естественной среды обитания живых организмов, что в свою очередь ведёт к сокращению численности живых существ и даже их вымиранию. А если вымирает один вид, то за ним исчезают и другие, связанные с ним пищевыми или иными связями.

Почва – это источник жизни на нашей планете. Именно благодаря этому компоненту, на Земле могут произрастать растения, и, следовательно, возможно существование и других наземных организмов. Она служит источником органических и минеральных веществ, необходимых растениям, именно из почвы растения добывают необходимую

владу. Почва и минеральные породы служат средой обитания многих живых организмов (почвенных бактерий, одноклеточных водорослей, грибов, беспозвоночных).

Для человека поддержание почвы в первоначальном состоянии имеет жизненно важное значение. В первую очередь, загрязнённая почва теряет своё плодородие. Значит человек, загрязняя почву, постепенно лишается возможности производить для себя пищу. Кроме того, культуры, выращенные на загрязнённых почвах, могут впитывать в себя опасные вещества и становятся опасными для употребления в пищу. Загрязняющие вещества из почвы попадают также и в грунтовые воды, уже через них загрязняя водоёмы. При этом скорость образования почв очень мала, и человечество не может себе позволить потерять один из ключевых факторов, обеспечивающих ему жизнь.

Для того чтобы очистить почвы от загрязняющих веществ и спасти этот ценный ресурс, учёные разрабатывают различные технологии, позволяющие извлечь или нейтрализовать опасный компонент. В настоящее время используется целый спектр химических и физических методов очистки. Они позволяют с высокой эффективностью нейтрализовать загрязняющее вещество. Но очистка почвы этими способами не всегда допустима. Химические методы очистки основаны на использовании специальных реагентов, не всегда являющихся безопасными для окружающей среды. К тому же реагенты дорого стоят, что в конечном счёте сказывается на объёмах почвы, которую таким образом можно восстановить. Физические методы (например, нагревание) весьма энергозатратны и не способны очистить значительную площадь загрязнённой почвы или грунта. Оба этих способа являются очень агрессивными, их целесообразно применять при очень высокой концентрации и степени опасности загрязняющих веществ (например, при разливах нефти) [3].

Если площадь загрязнения велика, то наиболее рациональным методом очистки является биоремедиация почвы. Биоремедиация (от греч. *bio(s)* – жизнь и англ. *remedy* – вылечивать, исправлять) – комплекс мер по очистке грунтов и почв с использованием метаболического потенциала биологических объектов, то есть микроорганизмов, растений, водорослей грибов и так далее. Справедливости ради стоит отметить, что с помощью биоремедиации можно очищать не только грунты и почву, но и воды и атмосферный воздух.

Процесс биоремедиации кардинальным образом отличается от физических и химических методов тем, что во время его использования почву очищают сами представители биосферы. Их только нужно заселить на загрязнённую почву, а дальше в процессе своей жизнедеятельности они сами удалят или обезвредят опасный компонент.

Бактерии, называемые хемотрофами, получают необходимую для жизни энергию не в процессе реакции фотосинтеза, а в результате хемосинтеза – окислительно-восстановительных реакций, в которых они окисляют как органические, так и неорганические химические соединения, богатые энергией. В настоящий момент учёными активно ведутся разработки по выведению новых штаммов бактерий, разлагающих нефть и нефтепродукты. Не секрет, что нефть является одним из главных загрязнителей почвы. Нефть изменяет физико-химические свойства почвы, резко снижая водопроницаемость, увеличивая соотношение между углеродом и азотом (за счёт углерода нефти), что приводит к ухудшению азотного режима, нарушению корневого питания растений. Поэтому учёными разрабатываются штаммы бактерий, которые могут питаться нефтью и тем самым уничтожать загрязнитель.

Метод биоремедиации позволяет производить очистку почвы непосредственно на месте, не используя специального оборудования (необходимую микрокультуру высевают прямо на загрязнённый участок). Для очистки поверхности почвы используются бактерии *Acinetobacter* sp., *Alcaligenes* sp., *Pseudomonas* sp [5]. Этот способ является простым и дешёвым, но он имеет и свои недостатки. На переработку нефтепродуктов бактериями требуется время, и поэтому при высокой концентрации нефтепродуктов с целью недопущения дальнейшего загрязнения попавшие в почву нефтепродукты сжигают [5].

Достаточно перспективным направлением в этой области является использование микроорганизмов для очистки среды от тяжёлых металлов, также являющихся очень опасным загрязнителем. Например в работах, проведённых Г.О. Ждановой, О.Ф. Вятчиной, Д.И. Стомом, В.С. Гараком, Е.В. Захаровым, О.В. Бобровской, О.А. Бархатовой и изучалось влияние пекарских дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на токсичность растворов солей тяжёлых металлов и мышьяка. Было доказано, что после 15-минутного выдерживания растворов HgCl<sub>2</sub>

и  $\text{Na}_2\text{AsO}_3$  в концентрации 1 мг/л и раствора  $\text{CdCl}_2$  в концентрации 5 мг/л с дрожжами их токсичность снижается практически вдвое, а раствора 1 мг/л  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  – на 20%. Эффект детоксикации усиливался при увеличении времени экспозиции дрожжей в исследуемых растворах с 15 до 60 мин [2].

Очень эффективно совместное использование бактерий и растений для очистки почвы от тяжёлых металлов. Активность микроорганизмов в ризосфере растений значительно возрастает, так как растения в процессе своей жизнедеятельности выделяют вещества, являющиеся питательной средой для растений (сахара, аминокислоты, органические кислоты). То есть бактерии в процессе своего метаболизма нейтрализуют находящиеся в почве тяжёлые металлы, а растения создают для них благоприятную для жизни среду. Этот метод называется фитостимуляцией [4].

Ещё один интересный способ биоремедиации – ризофилтрация. Как правило, корневые системы вначале растут в водной среде в парнике и лишь затем, когда корневая система достаточно хорошо разовьётся, к корням подводят загрязнённую воду. При этом загрязнителями, как правило, являются металлы. Загрязнённая вода циркулирует, питая растения.

К методам биоремедиации относят и фитоволатилизацию, то есть испарение растениями с поверхности листьев металлов и металлоидов в виде газообразных соединений. Известно, что наибольшим потенциалом по испарению загрязняющих веществ обладают люцерна, тополь, определённые виды акации, а испаряют растения в основном ртуть, мышьяк, селен.

Таким образом, на основании выше приведённых материалов можно сделать вывод, что биоремедиация – это одно из перспективных направлений очистки почвы. Биоремедиация имеет ряд преимуществ,

таких как возможность проводить очистку на месте без выполнения большого объёма земляных работ, отсутствие в технологическом цикле опасных химических реагентов, низкие энергозатраты. К недостаткам же можно отнести длительное время очистки, что затрудняет возможность оперативного реагирования на загрязнение. Методы биоремедиации чрезвычайно разнообразны и позволяют эффективно справляться со многими видами загрязнений. Несомненно, что с дальнейшим развитием биологии, которая в настоящее время переживает бурный рост, эти методы будут совершенствоваться, что приведет к созданию новых биологических способов очистки от большего числа загрязнений почв и окружающей среды.

### Список литературы

1. Ерофеева А.А. Роль сельскохозяйственной науки в развитии агропромышленного комплекса Германии / А.А. Ерофеева // Современное научное знание в условиях системных изменений: материалы Второй Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 155-летию со дня рождения П.А. Столыпина. 2017., Тара, 13–14 апреля 2017 г. – Тара, 2017. – С. 56–58.
2. Жданова О.Г. Детоксикация растворов солей ртути, кадмия, свинца и мышьяка коммерческим препаратом дрожжей. *Saccharomyces cerevisiae* // Известия Иркутского государственного университета. – сер. Биология. Экология. – 2014. – №7.
3. Ступин Д.Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления / Д.Ю. Ступин. – СПб.: Изд-во «Лань», 2009. – 432 с
4. Чеботарь В.К. Влияние засоления и тяжелых металлов на ростстимулирующую и антагонистическую активность почвенных бактерий и перспективы использования и микроорганизмов для биоремедиации почв (аналитический обзор) / В.К. Чеботарь [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 7.
5. Архебактерии [эл. ресурс] / экология, справочник // Режим доступа: <http://ru-ecology.info/term/22978/>.
6. Методы ликвидации нефтяных загрязнений почвы [эл. ресурс] // Архебактерии экология: справочник. – Режим доступа: <http://geologinfo.ru/ekologicheskaya-geologiya/157-prigodookhrannye-meropriyatija-i-rekomendatsii-poredotvrashcheniyu-ushcherba-okruzhayushchej-srede>.
7. На Ямале загрязнения почвы нефтепродуктами очищают с помощью бактерий, пожирающих нефть [эл. ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=wwqikE1UjKU>.