

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 57.044, 504.062

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Константинов Алексей Владимирович, студент, направление подготовки 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург
e-mail: kwan111@yandex.ru

Шафиев Радмир Рафаэлевич, студент, специальность 09.02.01 Компьютерные системы и комплексы, Университетский колледж Оренбургского государственного университета, Оренбург
e-mail: shxlf3y@gmail.com

Куренкова Анастасия Владимировна, преподаватель естественнонаучных дисциплин, Университетский колледж Оренбургского государственного университета, Оренбург
e-mail: nastyakurenkova86@mail.ru

Аннотация. В настоящий момент проблема поступления тяжелых металлов в почву является актуальной. Это связано с интенсификацией добычи и переработки данных соединений, а также большим спросом на данные соединения в различных отраслях промышленности. Всё это способствует постоянному поступлению тяжелых металлов в почву и их последующему накоплению, что ведет к нарушению плодородного слоя, снижению урожайности и негативно влияет на почвенные организмы. Восстановление почвенного плодородия является важнейшей задачей, стоящей сегодня перед наукой. Это является одной из задач, стоящих перед экологами – разработка технологий и методов ремедиации антропогенно загрязненных земель с целью обеспечения оптимального протекания всех почвенных процессов. В статье обсуждаются вопросы использования различных методов восстановления почвы при воздействии тяжелых металлов.

Ключевые слова: загрязнение, почвы, ремедиация, тяжелые металлы, растения.

Для цитирования: Константинов А. В., Шафиев Р. Р., Куренкова А. В. Загрязнение почв тяжелыми металлами: проблемы и пути их решения // Шаг в науку. – № 3. – С. 22–25.

SOIL POLLUTION WITH HEAVY METALS: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Konstantinov Alexey Vladimirovich, student, training program 35.03.07 Technology of production and processing of agricultural products, Orenburg State Agrarian University, Orenburg
e-mail: kwan111@yandex.ru

Shafiev Radmir Rafaelevich, student, specialty 09.02.01 Computer Systems and Complexes, University College of the Orenburg State University, Orenburg
e-mail: shxlf3y@gmail.com

Kurenkova Anastasia Vladimirovna, Lecturer of Natural Sciences, University College of the Orenburg State University, Orenburg
e-mail: nastyakurenkova86@mail.ru

Abstract. At present, the problem of heavy metals entering the soil is relevant. This is due to the intensification



o extraction and processing of these compounds, as well as the high demand for these compounds in various industries. All this leads to a constant flow of heavy metals into the soil and their subsequent accumulation, which leads to a violation of the fertile layer; a decrease in crop yields and negatively affects soil organisms. Restoring soil fertility is the most important task facing science today. This is one of the tasks facing ecologists – the development of technologies and methods for remediation of anthropogenically contaminated lands in order to ensure the optimal flow of all soil processes. The article discusses the use of various methods of soil restoration under the influence of heavy metals.

Key words: pollution, soils, remediation, heavy metals, plants.

Cite as: Konstantinov, A. V., Shafiev, R. R., Kurenkova, A. V. (2025) [Soil pollution with heavy metals: problems and solutions]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 3, pp. 22–25.

Сегодня одной из проблем в области охраны окружающей среды является её загрязнение различными поллютантами. К ним относят вещества, которые при поступлении в природные среды приводят к негативному воздействию на живые организмы, нарушают нормальное течение процессов жизнедеятельности и могут приводить к их гибели. Среди поллютантов наиболее распространенными являются тяжелые металлы. Чаще всего источниками их поступления в окружающую среду являются горнодобывающие предприятия; перерабатывающие заводы и другие отрасли промышленности. Тяжелые металлы могут оседать на большом расстоянии от источников их выбросов, в том числе – на почвы, что приводит к загрязнению, в том числе, сельскохозяйственных земель, что препятствует их использованию. Почва может быть загрязнена тяжелыми металлами из-за неправильной агротехники при выращивании растений. Опасность для человека также заключается в том, что растения на таких почвах накапливают тяжелые металлы, которые далее по пищевой цепочке попадают в организм человека и приводят к различным патологиям [5].

Почва является первым фильтрующим звеном в цепочке транслокации тяжелых металлов в природной среде. Необходимость изучения воздействия тяжелых металлов на плодородный слой заключается в том, что почва является природным ресурсом, возобновление которого условно возможно, но это происходит крайне медленно. Это обуславливает особое внимание к работам и поискам новых решений в сфере восстановления почвенного покрова, загрязненного поллютантами. Необходима выработка решений по эффективным, экономически выгодным и научно обоснованным технологиям восстановления почвенного плодородия, что обеспечит нормальное протекание всех почвенных процессов и будет способствовать возвращению земель для использования в сельском хозяйстве.

Актуальность поиска методов ремедиации загрязненных земель заключается в том, что доля таких почв может доходить до 15% плодородных земель. Это подтверждает теоретическую и практическую значимость поиска различных способов улучшения экологического состояния загрязненных территорий, в том числе

в сельском хозяйстве – для получения высокого урожая и экологически чистой растительной массы [1].

Сегодня в научной литературе накоплено достаточно большое количество сведений, отражающих основные аспекты нахождения тяжелых металлов в почве:

- пути транслокации тяжелых металлов в почве;
- источники поступления тяжелых металлов в почву;
- воздействие на почвенные процессы;
- действие на живые организмы;
- влияние на продуктивность почв и урожайность сельскохозяйственных культур и др. [1].

Однако недостаточно информации о научных исследованиях, посвященных путям восстановления почв, загрязненных тяжелыми металлами. Таким образом, актуальной проблемой является разработка новых способов и совершенствование уже существующих методов ремедиации таких земель. Особенно такой научный поиск важен в сфере сельского хозяйства, потому что способен обеспечить возвращение сельскохозяйственных земель в оборот, гарантировать получение экологически чистых продуктов питания и повысить урожайность растений.

Сегодня существует ряд приемов восстановления подверженных антропогенному воздействию почв, которые можно классифицировать следующим образом:

- способ механической очистки почвы: при этом удаляется часть загрязненной почвы или полностью слой земли, после чего происходит его перемещение на специально подготовленный полигон с целью утилизации грунта, на месте выемки происходит засыпание нового плодородного слоя;
- биоремедиация загрязненных в результате антропогенного воздействия земель: основана на использовании биологических объектов (например, штаммы микроорганизмов, аккумулирующих тяжелые металлы, а также растения и почвенные животные), способных осуществлять жизнедеятельность в почвенном покрове, загрязненном тяжелыми металлами;
- уменьшение подвижности тяжелых металлов в почве и их биологической доступности для растений [6].

Один из наиболее опасных металлов-загрязнителей почвы – это хром. Его повышенное содержание нарушает процессы развития корневой системы, нарушает процесс фотосинтеза, ухудшает прорастание семян, может приводить к гибели растений. Для ремедиации таких земель предлагается использовать ряд добавок, среди которых следующие мелиоранты: известняковая мука в дозе 12 т/га, торф – 100 т/га и цеолит – 100 т/га. Исследования были проведены на подзолистой суглинистой почве. Все исследуемые добавки показали положительное воздействие на выход растительной продукции и уменьшение содержания в ней хрома. Такие исследования служат основанием для разработки методов ремедиации земель [2].

Одним из перспективных направлений восстановления почвенного плодородия является использование приемов биоремедиации, в частности, фиторемедиации. Под фиторемедиацией понимают применение растений для восстановления плодородия почв, загрязненных тяжелыми металлами. Это возможно благодаря тому, что некоторые растения могут успешно расти и развиваться в условиях избыточного содержания различных химических элементов. Кроме этого, такие растения способны накапливать большое количество металлов, что позволяет использовать их для биоремедиации антропогенно-модифицированных земель [3].

Фиторемедиация подразумевает под собой процессы, в ходе которых растения гипераккумулируют или связывают токсичные соединения металлов. Среди таких процессов можно выделить следующие:

- фитоэкстракция: растения поглощают загрязнители из почвы и накапливают их в своих надземных частях;
- фитостабилизация: растения уменьшают подвижность загрязнителей, стабилизируя их в корневой зоне;
- фитодеградация: корни растений выделяют вещества, которые стимулируют разложение органических загрязнителей в почве;
- фиторизофильтрация: использование корневой зоны растений для фильтрации загрязнённых вод [3].

Также одним из перспективных способов восстановления плодородия загрязненных химическими веществами почв является использование биоремедиационных технологий, подразумевающих процессы, при которых в почву вносятся микроорганизмы, способные аккумулировать или связывать тяжелые металлы. Исследователи отмечают, что микробиота почвы представляет собой сложное сообщество, которое более стабильно, чем виды, выделенные отдельно. В этой связи бактерии почвенного микрокос-

ма становятся объектом для исследования ученых. Известно, что в почве на 1 га находится примерно 1000 кг углерода почвенной массы. Бактерии и микроскопические грибы в почве влияют как прямо, так и опосредованно на рост и развитие растительных и животных организмов, участвуют в круговороте веществ, способствуют накоплению гуминовых кислот и доступных соединений для растений. Достоинство микроорганизмов как биоремедиантов заключается в их высокой пластичности в изменяющихся условиях окружающей среды, что позволяет им эффективно утилизировать опасные химические соединения [4].

Внимание ученых привлекают биологические способы очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами, в связи с тем, что они являются экологически чистыми и эффективными методами по ремедиации таких почв. Одним из таких способов является метод микробной ремедиации. Однако данная технология требует учета ряда факторов, непосредственно влияющих на эффективность очистки почвы от поллютантов: это время года, кислотность почвы, наличие гумусовых соединений, валентность химических элементов и их биодоступность.

Например, известна способность отдельных штаммов микробов аккумулировать ионы хрома, которые были наиболее эффективны при кислой реакции почвы. При щелочной же реакции почвы данные процессы замедлялись [8]. Известны приемы восстановления почвенного плодородия при совместном использовании специально подобранных штаммов микроорганизмов и видов растений. Данный метод стали называть фитостимуляцией. Его суть заключается в том, что микроорганизмы вырабатывают необходимые вещества для роста и развития растений, а также могут связывать тяжелые металлы в почве. Растения же выделяют необходимые химические элементы в процессе своей жизнедеятельности, что ускоряет процессы очистки [7].

Заключение

На сегодняшнем этапе развития промышленности наиболее острой проблемой в охране окружающей среды является поступление тяжелых металлов в окружающую среду, прежде всего, в почву. Очистка почвы от поллютантов происходит различными способами. Биотехнологические методы фиторемедиации и микробиологической ремедиации представляют собой устойчивые и экологически безопасные подходы к восстановлению деградированных земель. Внедрение этих методов требует дальнейших исследований по оптимизации условий для роста растений и микроорганизмов, а также разработки комплексных биопрепараторов. Эффективное применение данных подходов

может способствовать восстановлению сельскохозяйственного потенциала загрязненных в результате антропогенного воздействия почв и повышению устойчивости экосистем. На данный момент в мире увеличилось число исследований, направленных на

разработку способов снижения негативного воздействия загрязняющих веществ, в том числе, тяжелых металлов, на экосистему. Также ведется активный поиск веществ и соединений, которые будут являться детоксикантами для почвенного покрова

Литература

1. Асякина Л. К., Дышлюк Л. С., Просеков А. Ю. Мировой опыт в области рекультивации посттехногенных ландшафтов // Техника и технология пищевых производств. – 2021. – Т. 51, № 4. – С. 805–818. – <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-805-818>.
2. Леднев А. В., Ложкин А. В., Поздеев Г. А. Научные основы ремедиации почв, загрязненных хромом // Агрехимический вестник. – 2022. – № 6. – С. 78–83. – <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-6-015>.
3. Мередов Э. Н., Велджанова А. Н., Хатамова М. Ч. Использование биотехнологий для восстановления деградированных земель, подверженных опустыниванию и засолению: методы фиторемедиации и микробиологической ремедиации // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 10–3(97). – С. 153–155. – <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2024-10-3-153-155>.
4. Поляк Ю. М., Сухаревич В. И. Почвенные ферменты и загрязнение почв: биодеградация, биоремедиация, биоиндикация // Агрехимия. – 2020. – № 3. – С. 83–93. – <https://doi.org/10.31857/S0002188120010123>.
5. Реализация целей ООН в области устойчивого развития по реабилитации почв, загрязненных тяжелыми металлами: новые тенденции и направления на будущее (обзор) / М. Махмуд [и др.] // Живые и биокосные системы. – 2021. – № 37. – <https://doi.org/10.18522/2308-9709-2021-37-4>.
6. Симонов В. Э., Леконцева Т. А. Технологии биоремедиации нефтезагрязненных почв и грунтов: обзор патентов // Антропогенная трансформация природной среды. – 2024. – Т. 10, № 2. – С. 65–81. – <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2024-2-65-81>.
7. Филиппова Л. С., Акимова А. С. Загрязнение почвы и биологические методы ее очистки // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 11(125). – <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.73>.
8. Янкевич М. И., Хадеева В. В., Мурыгина В. П. Биоремедиация почв: вчера, сегодня, завтра // Биосфера. – 2015. – Т. 7, № 2. – С. 199–208.

Статья поступила в редакцию: 18.03.2025; принята в печать: 02.07.2025.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.