

ЭКОЛОГИЯ / ECOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.73>

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЕЕ ОЧИСТКИ

Обзор

Филиппова Л.С.^{1,*}, Акимова А.С.²

¹ORCID : 0000-0002-4758-9479;

²ORCID : 0000-0003-3169-5944;

^{1,2}Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (fil.gasdertyu5[at]gmail.com)

Аннотация

Проблема очистки почвы от различного рода загрязнений является достаточно острой и актуальной для нашей страны. Как известно, почва представляет собой верхний плодородный слой земной литосферы, состоящий из верхнего, среднего и нижнего слоев. Загрязнение почвенных слоев на территории России связано с содержанием в ней различных веществ, радионуклидов и патогенных микроорганизмов в повышенных количествах. Прогресс в решении проблемы загрязнения почвы связан с дальнейшим внедрением и развитием существующих сегодня физических, химических и биологических методов очистки почвы. В данной работе рассмотрены наиболее перспективные методы биологической очистки, связанные с выращиванием определенных видов растений или с подготовкой и внесением специально отобранных микроорганизмов.

Ключевые слова: почва, почвенный профиль, биологические методы очистки, загрязнение, биоремедиация, фитоэкстракция, фитостимуляция, микроорганизмы.

SOIL CONTAMINATION AND BIOLOGICAL METHODS OF ITS TREATMENT

Review article

Filippova L.S.^{1,*}, Akimova A.S.²

¹ORCID : 0000-0002-4758-9479;

²ORCID : 0000-0003-3169-5944;

^{1,2}Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov, Vladimir, Russian Federation

* Corresponding author (fil.gasdertyu5[at]gmail.com)

Abstract

The problem of treatment of soil from various kinds of contaminants is quite acute and relevant one for our country. As we know, the soil is the top fertile layer of the Earth's lithosphere, consisting of the upper, middle and lower layers. Contamination of soil layers in the territory of Russia is associated with the content of various substances, radionuclides and pathogenic microorganisms in elevated amounts. Progress in solving the problem of soil contamination is associated with the further introduction and development of physical, chemical and biological methods of soil treatment existing today. This work examines the most promising methods of biological treatment associated with the cultivation of certain plant species or with the preparation and introduction of specially selected microorganisms.

Keywords: soil, soil profile, biological treatment methods, contamination, bioremediation, phytoextraction, phytostimulation, microorganisms.

Введение

Современное общество всё чаще сталкивается с возрастающим загрязнением окружающей среды и негативными последствиями, которые им вызываются. Наряду с другими составляющими окружающей среды с серьезным антропогенным воздействием сталкивается почва. В результате загрязнения происходит деградация почвы, снижается урожайность, оказывается прямое токсичное воздействие на растения и микроорганизмы или косвенное загрязнение окружающей среды в результате вымывания из почвы загрязнителей водой.

Для очистки почвы от загрязнений разрабатываются и модернизируются различные методы и технологии, основанные на физическом, химическом и биологическом воздействии на почву и содержащиеся в ней загрязнители [1], [2]. При этом важным требованием является не только эффективность, но и экологическая безопасность очистки, чтобы избежать вторичного загрязнения.

Физические методы очистки заключаются в использовании электрического тока для электрохимической и электрокинетической очистки в форме электролиза, электрокоагуляции, электрохимического окисления, электрофореза, электроосмоса и др. Однако данные методы отличаются высокой стоимостью. Химические методы очистки связаны с промывкой почвы растворами реагентов с последующей рекультивацией. Недостатками данных методов является длительность и большое количество образующихся сточных вод.

Целью данной работы является рассмотрение проблемы загрязнения почвы и возможностей применения биологических методов для ее очистки.

Структура и состав почвы

Под почвой понимают верхний плодородный слой литосферной оболочки нашей планеты, характеризующийся плодородием и образовавшийся в результате эрозии горных пород, жизнедеятельности микроорганизмов, растений и животных, процессов разложения животных и растительных остатков в процессе гумификации. Почва состоит из отдельных горизонтов, формирующих почвенный профиль (см. рисунок), в котором принято выделять три основных слоя: нижний слой или подстилающую породу, на которой происходят процессы почвообразования, средний слой или подпочву, из которой формируется почва, и верхний плодородный слой, содержащий гумус (перегной).



Рисунок 1 - Почвенный профиль
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.73.1>

Почва состоит из минеральной части, включающей глинистые вещества, песок, минеральные соли и др., и органической части, состоящей из остатков органического происхождения и гумуса [2], [3]. В составе почвы также выделяют жидкую часть, являющуюся водным раствором минеральных и органических веществ.

Причины загрязнения почвы

Антропогенное воздействие оказывается на почву напрямую в результате сельскохозяйственной деятельности, добычи природных ресурсов, строительства и эксплуатации зданий и сооружений, при работе транспорта или косвенно в результате выбросов промышленных предприятий. К основным загрязнителям почвы относятся химические вещества, являющиеся основными или косвенными продуктами промышленной деятельности, бытовые, животноводческие и коммунальные отходы, агрохимикаты и нефтепродукты в виде твердых отходов или в составе сточных вод. Немаловажную роль в загрязнении почвы играет и круговорот воды, в т.ч. загрязнителей, в природе, оседание загрязнителей из атмосферы и размножение патогенной микрофлоры в результате загрязнений. С развитием различных технологий и отраслей промышленности, а также с ростом населения загрязнение почвы повышается, появляются новые соединения, которые раньше не попадали в почву, но на сегодняшний день оказываются в числе ее загрязнителей и наносят почве ущерб. В связи с этим со временем растут масштабы загрязнения почвенного покрова.

Загрязнение почвенных слоев на территории России, как и в других странах, связано с содержанием в ней различных веществ, радионуклидов и патогенных микроорганизмов в повышенных количествах [4]. Загрязнение приводит к деградации почвы, ее подкислению, снижению урожайности, повышению ее токсичности и потере полезных веществ.

Загрязнение почвы негативно сказывается не только на растениях и животных, но и на здоровье людей, как взрослых, так и детей, у которых иммунитет окончательно не сформирован, и они более подвержены воздействию загрязнителей. Существенно ухудшается качество сельскохозяйственной продукции, она становится опасной и теряет полезные свойства. При этом загрязняются не только растения, потребляющие вредные вещества из почвы, но вредные вещества накапливаются в животных и людях через трофические цепи, поскольку потребление растений и животных, содержащих вредные вещества, способствует их накоплению в организме.

Наряду с техногенными причинами загрязнения следует учитывать и природные факторы, к которым относятся процессы эрозии, засухи, различные катаклизмы в виде землетрясений и пожаров, а также многие другие естественные процессы.

Биологические методы очистки почвы

Почва, как и другие составляющие окружающей среды, имеет способность к самовосстановлению, однако это длительный процесс и для больших объемов загрязнений малоэффективен. Тем не менее одним из методов очистки почвы, который можно отнести к естественным биологическим является самоочищение почвы при условии прекращения новых загрязнений за счет утилизации отходов и отказа от свалок. Повысить эффективность самоочищения можно путем удаления верхнего, наиболее загрязненного, слоя почвы.

Почве нужно восстановиться самостоятельно, это процесс небыстрый, зато это один из способов как уберечь почву от загрязнения. Не нужно засорять землю свалками, нужно найти другой способ утилизировать отходы, без вреда для живой природы. Также есть можно удалить верхний слой грунта, это ещё один из способов очистки почвы.

Совместно со снятием верхнего слоя почвы или без снятия можно применять различные физические, химические и биологические методы очистки в различных комбинациях. В данной работе рассматриваются отдельно биологические методы очистки, которые нередко используются после физических и химических методов для окончательного восстановления показателей почвенного покрова.

Биологические методы очистки можно объединить под названием биоремедиация, которая подразумевает очистку почвы в процессе жизнедеятельности растений, микроорганизмов, грибов и в ряде случаев других живых организмов, например, дождевых червей [5], [6].

Одним из распространенных направлений биоремедиации является фиторемедиация, которая, как следует из названия, подразумевает использование потенциала растений по разложению, иммобилизации или извлечению загрязнителей из почвы [7]. Для очистки почвы наиболее часто используется фитоэкстракция, которая представляет выращивание растений-гипераккумуляторов с целью накопления загрязнителей в организме растений. Этот метод с использованием растений из семейства Крестоцветных (*Cruciferae*) или Капустных (*Brassicaceae*), в частности ярутки сизовой (*Nocca caerulea*), а также таких растений, как амарант (*Amaranthus caudatus*) и львиный зев (*Antirrhinum majus*), достаточно эффективен для извлечения тяжелых металлов, в частности меди, цинка, никеля, кадмия, кобальта, свинца, марганца, хрома и их соединений [7], [8]. Для повышения эффективности необходимо обеспечить несколько циклов роста растений на очищаемой территории. После фитоэкстракции растения собирают и сжигают, а пепел утилизируют.

Вторым распространенным направлением является биоремедиация с использованием микроорганизмов, для обеспечения которой в почву вносят высокие концентрации специально отобранных микроорганизмов, например, *Pseudomonas aeruginosa*-12-P или *Pseudomonas citroneolensis*-48-Y, или их консорциумов, например, ассоциации штаммов *Rhodococcus* 1418 и *Rhodococcus* 1715 [3], [9]. Иногда проводят стимуляцию уже существующей в почве микрофлоры за счет биостимуляции [10], [11] или используют растения для фитостимуляции микроорганизмов в корнях и прикорневой зоне. При фитостимуляции растения создают среду обитания для микроорганизмов за счет доступа кислорода и разрыхления грунта. Эта группа методов достаточно эффективна при очистке почвы от нефтепродуктов и нефти [9].

Заключение

Исходя из проделанной работы можно сделать выводы, что загрязнение почвы является важной и актуальной проблемой, для решения которой существует три группы методов, дополняющих друг друга. Биологические методы будут малоэффективны против больших концентраций загрязнений и отличаются длительностью, однако на заключительных стадиях очистки или при малых концентрациях загрязнителей они наиболее эффективны за счет экологической безопасности и длительного эффекта очищения и восстановления показателей почвы.

При этом не стоит забывать, что лучшим методом защиты почвы является предотвращение ее загрязнения. Почва является важным природным ресурсом и находится в тесной взаимосвязи с другими составляющими окружающей среды, забота о каждой из которых является ответственностью для каждого человека и всего общества в целом.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Королев В.А. Очистка и восстановление геологической среды: Учебное пособие для вузов / В.А. Королев – М.: Сампринт, 2019. – 430 с.
2. Куликов Я.К. Почвенные ресурсы: учебное пособие / Я.К. Куликов – Минск: Вышэйшая школа, 2013. – 319 с.
3. Игнатъева Л.П. Гигиена почвы и гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: учебное пособие / Л.П. Игнатъева, М.В. Чирцова, Н.Ю. Куприянова и др. – Иркутск: ИГМУ, 2015. – 78 с.
4. Оконешникова А.В. Загрязнение почв и воздуха отходами производства. / А.В. Оконешникова, Л.В. Сокоуртова, А.Г. Ларионова и др. // Sciences of Europe. – 2017. – № 21-2 (21). – с. 28-30.
5. Кондинский Р.В. Российский и Международный опыт биологической очистки почв от нефтезагрязнений. / Р.В. Кондинский, А.А. Юркевич, М.В. Чижевская и др. // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2015. – № 11. – с. 742-743.
6. Смольникова В.В. Технология биологической очистки почв с использованием вермикультуры. / В.В. Смольникова // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2009. – № 3(8). – с. 80-84.
7. Андреева И.В. Фиторемедиация почв, загрязненных тяжелыми металлами. / И.В. Андреева, Р.Ф. Байбеков, М.В. Злобина // Природообустройство. – 2009. – № 5. – с. 5-10.
8. Юнусова Д.М. Основные направления по использованию растений-гипераккумуляторов тяжелых металлов в фиторемедиации почв. / Д.М. Юнусова, Н.Г. Курамшина, С.П. Андреа // В сборнике: Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2019). Материалы XV Международной научно-технической конференции; – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2019. – с. 93-100.
9. Пат. 2618699 Russian Federation, МПК2016105857 В09С 1/10. Способ биологической очистки почв, загрязнённых нефтепродуктами / Вазыхов И.Т., Кирейчева Л.В., Ильинский А.В. и др.; заявитель и патентообладатель ООО Торгово-производственная компания "Камский сапропель", ООО ТПК "Камский сапропель". – № 2016105857; заявл. 2016-02-20; опубл. 2017-05-11, – 9 с.
10. Сопрунова О.Б. Способы очистки почв от загрязнения нефтью и нефтепродуктами, применяя микробные биотехнологии. / О.Б. Сопрунова, А.Ш. Акжигитов, А.А. Казиев // Молодой ученый. – 2015. – № 7(87). – с. 240-242.
11. Пат. 2083508 Russian Federation, МПК9403611825 C02F 3/34, В09С 1/10, C02F 101/10. Способы биологической очистки воды и почвы от нефтяных загрязнений / Трифонова Т.В., Трифонова М.Е., Агапова Н.С. и др.; заявитель и патентообладатель Трифонова Т.В.. – № 9403611825; заявл. 1994-09-28; опубл. 1997-07-10, – 5 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Korolev V.A. Ochistka i vosstanovlenie geologicheskoy sredy: Uchebnoe posobie dlya vuzov [Cleaning and restoration of the geological environment]: textbook for universities] / V.A. Korolev – M.: Samprint, 2019. – 430 p. [in Russian]
2. Kulikov Ya.K. Pochvenny'e resursy: uchebnoe posobie [Soil resources]: textbook] / Ya.K. Kulikov – Minsk: Vy'she'yshaya shkola, 2013. – 319 p. [in Russian]
3. Ignat'eva L.P. Gigena pochvy' i gigenicheskaya ocenka kachestva pochvy' naseleenny'x mest: uchebnoe posobie [Soil hygiene and hygienic assessment of the soil quality of populated areas: textbook] / L.P. Ignat'eva, M.V. Chirczova, N.Yu. Kupriyanova et al. – Irkutsk: IGMU, 2015. – 78 p. [in Russian]
4. Okoneshnikova A.V. Zagryaznenie pochv i vozduxa otxodami proizvodstva [Soil and air pollution by industrial waste]. / A.V. Okoneshnikova, L.V. Sokorutova, A.G. Larionova et al. // Sciences of Europe [Sciences of Europe]. – 2017. – № 21-2 (21). – p. 28-30. [in Russian]
5. Kondinskij R.V. Rossijskij i Mezhdunarodny'j opyt' biologicheskoy ochistki pochv ot neftezagryaznenij [Russian and International experience of biological soil purification from oil pollution]. / R.V. Kondinskij, A.A. Yurkevich, M.V. Chizhevskaya et al. // Aktual'ny'e problemy' aviacii i kosmonavтики [Actual problems of aviation and cosmonautics]. – 2015. – № 11. – p. 742-743. [in Russian]

6. Smol'nikova V.V. *Texnologiya biologicheskoj ochistki pochv s ispol'zovaniem vermikul'tury'* [Technology of biological soil purification using vermiculture]. / V.V. Smol'nikova // *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvenny'e i tochny'e nauki* [News of Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences]. – 2009. – № 3(8). – p. 80-84. [in Russian]

7. Andreeva I.V. *Fitoremediaciya pochv, zagryaznenny'x tyazhely'mi metallami* [Phytoremediation of soils contaminated with heavy metals]. / I.V. Andreeva, R.F. Bajbekov, M.V. Zlobina // *Prirodoobustrojstvo* [Nature improvement]. – 2009. – № 5. – p. 5-10. [in Russian]

8. Yunusova D.M. *Osnovny'e napravleniya po ispol'zovaniyu rastenij-giperakkumulyatorov tyazhely'x metallov v fitoremediacii pochv* [The main directions for the use of heavy metal hyperaccumulator plants in phytoremediation of soils]. / D.M. Yunusova, N.G. Kuramshina, S.P. Andrea // In the collection: *Science, education, production in solving environmental problems (Ecology-2019). Materials of the XV International Scientific and Technical Conference*; – Ufa: Ufimskij gosudarstvenny'j aviacionny'j texnicheskij universitet, 2019. – p. 93-100. [in Russian]

9. Pat. 2618699 Russian Federation, МПК2016105857 B09C 1/10. *Sposob biologicheskoj ochistki pochv, zagryaznyonny'x nefteproduktami* [Method of biological purification of soils contaminated with petroleum products] / Вазыхов И.Т., Кирейчева Л.В., Ильинский А.В. и др.; the applicant and the patentee LLC Trade and Production Company "Kamsky Sapropel", LLC ТРС "Kamsky Sapropel". – № 2016105857; appl. 2016-02-20; publ. 2017-05-11, – 9 p. [in Russian]

10. Soprunova O.B. *Sposoby' ochistki pochv ot zagryazneniya neft'yu i nefteproduktami, primenyaya mikrobnny'e biotexnologii* [Methods of soil purification from oil and oil products pollution using microbial biotechnologies]. / O.B. Soprunova, A.Sh. Akzhigitov, A.A. Kaziev // *Molodoj uchenyj* [Young scientist]. – 2015. – № 7(87). – p. 240-242. [in Russian]

11. Pat. 2083508 Russian Federation, МПК9403611825 C02F 3/34, B09C 1/10, C02F 101/10. *Sposoby' biologicheskoj ochistki vody' i pochvy' ot neftyany'x zagryaznenij* [Methods of biological purification of water and soil from oil pollution] / Трифонова Т.В., Трифонова М.Е., Агапова Н.С. и др.; the applicant and the patentee Trifonova T.V.. – № 9403611825; appl. 1994-09-28; publ. 1997-07-10, – 5 p. [in Russian]