

УДК 66.02

DOI: 10.17277/voprosy.2019.01.pp.009-014

САНАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ПОЧВ

**Д. И. Мустафин, А. В. Кошелев,
В. Ф. Головков, Ю. А. Елеев, Е. Н. Глухан**

*ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, г. Москва, Россия;
ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии», г. Москва, Россия*

Рецензент д-р хим. наук, профессор В. В. Кузнецов

Ключевые слова: выщелачивание; загрязнение окружающей среды; накопленный экологический ущерб; токсичные химические вещества.

Аннотация: Рассмотрены вопросы практической санации почв техногенных территорий методом выщелачивания. Предложена технологическая схема очистки и восстановления загрязненных почв, предусматривающая, в том числе, обезвреживание образующихся сточных вод с помощью высокоэффективного адсорбента. Технология санации загрязненного грунта полностью отвечает стандартам экологичности и энергоэффективности, принятым в Российской Федерации.

В настоящее время большую экологическую проблему в Российской Федерации представляют так называемые объекты накопленного экологического ущерба – загрязненные территории бывших химических производств, предприятий топливно-энергетического и горно-металлургического комплексов, заброшенные полигоны хранения промышленных

Мустафин Дмитрий Исакович – доктор химических наук, профессор кафедры ЮНЕСКО «Зеленая химия для устойчивого развития», e-mail: dmustafin@hotmail.com, ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева», г. Москва, Россия; Кошелев Алексей Васильевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник; Головков Владимир Федорович – доктор химических наук, главный научный сотрудник; Елеев Юрий Александрович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник; Глухан Елена Николаевна – доктор технических наук, заместитель генерального директора по научной работе, ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологии», г. Москва, Россия.

и бытовых отходов, склады пришедших в негодность ядохимикатов и т.п. [1]. По различным оценкам общая площадь загрязненных территорий составляет сотни тысяч гектар.

Как правило, эти территории загрязнены токсичными химическими веществами (**ТХВ**) и являются потенциальным источником негативного воздействия на окружающую природную среду и здоровье населения. С течением времени ТХВ способны выщелачиваться в грунтовые воды, попадать в атмосферный воздух в результате ветровой эрозии и распространяться на значительные расстояния, что может привести к дальнейшему ухудшению экологической ситуации [2].

По степени опасности загрязненные почвы разделяются на следующие категории: «чистая», «допустимая», «умеренно опасная», «опасная», «чрезвычайно опасная» [3, 4]. Российское законодательство позволяет ограниченно использовать загрязненные почвы категорий «умеренно опасные» и «опасные» для отсыпки выемок и котлованов на рекультивируемой территории. Однако почва категории «чрезвычайно опасная» несет высокую экологическую угрозу окружающей среде, поэтому законодательство требует, чтобы она вывозилась на специализированный полигон с заменой на чистую почву [4]. Вместе с тем при масштабном загрязнении удаление значительного количества почвы осложняется как отсутствием необходимых полигонов, так и ограниченными ресурсами по плодородным почвам. Поэтому разработка технологий, позволяющих проводить санацию загрязненных почв без вывоза с техногенного объекта, является приоритетной задачей в современной экологии.

В некоторых случаях проблема обезвреживания загрязненной почвы (в основном органическими пестицидами) может быть решена с помощью термического метода, представленного в работе [5].

В настоящей работе для санации почв, содержащих неорганические загрязнители – соли тяжелых металлов (**ТМ**), рассмотрена технология, основанная на процессах, которые носят название выщелачивание. Выщелачивание – извлечение отдельных составляющих твердого материала с использованием растворителя, обусловленное способностью извлекаемого вещества растворяться лучше, чем остальные компоненты [6].

В этих целях для больших массивов загрязненных почв и грунтов (начиная с нескольких тысяч кубических метров) на рекультивируемой территории организуется производственная площадка, в состав которой входят: гидроизолированный котлован с заданным наклоном дна в сторону приемника сточных (производственных) вод; приемник сточных вод (приемный колодец); дренажная система со сбором сточных вод в приемном колодце; система орошения почвогрунтов; станция водоочистки (с фильтрами и отстойником), в которой готовится раствор для выщелачивания, а также осуществляется очистка сточных вод.

Загрязненная почва послойно укладывается в гидроизолированный котлован, при этом высота ее слоя определяется фильтрующими свойствами почвы, зависящими от природы и гранулометрического состава. Собирается система орошения, которая должна обеспечивать равномерное увлажнение почвы. Станция водоочистки размещается рядом с котлованом во временном строении.

Блок-схема площадки санации почв представлена на рис. 1. Сточные воды проходят двухступенчатую очистку на песчаном и основном (адсорбционном) фильтре. Часть очищенного раствора поступает на обратную промывку фильтров. Полученные концентрированные высокомутные промывные воды обрабатываются флокулянт. Образующийся осадок отделяется, сушится и отправляется на захоронение. Полученный условно-чистый раствор совместно со сточными водами проходит двухступенчатую очистку. Очищенный раствор корректируется по содержанию кислоты, поверхностно-активных и комплексообразующих веществ, затем поступает на орошение техногенной почвы (см. рис. 1).

Для адаптации технологии к конкретному виду почв выполняется комплекс лабораторных работ по подбору растворителя (выщелачивателя) и условий очистки сточных вод. Экспериментально определяется коэффициент фильтрации и рассчитывается оптимальная высота слоя очищаемой почвы. По заданной производительности (определяется объемом почвы и временем санации) рассчитываются площадь котлована, параметры оросительной и дренажной систем. Определяются оптимальные концентрации кислоты (или щелочи), поверхностно-активных и комплексообразующих веществ, что позволяет эффективно извлекать загрязнитель при минимальной концентрации сопутствующих веществ, попутно экстрагируемых из почвы (мелкодисперсных частиц глины, соединений гуминовых кислот, катионов железа, кальция и др.).

На примере реальных образцов техногенных почв, которые представляли собой легкие суглинки, содержащие около 2 % гумуса и более 500 мг/кг свинца, установлено, что при оптимально подобранном составе выщелачивателя сточные воды содержали до 50 мг/л ТМ, мутность не превышала 130 единиц мутности (ЕМФ), цветность – не более 310 °С по Pt-Co шкале. Мутность и цветность определяли в соответствии с ГОСТ 3351–74 фотометрическим методом [7].

Наиболее важным моментом при организации технологического процесса санации почв является организация системы рециклирования выщелачивателя. Учитывая не высокую концентрацию загрязняющих веществ

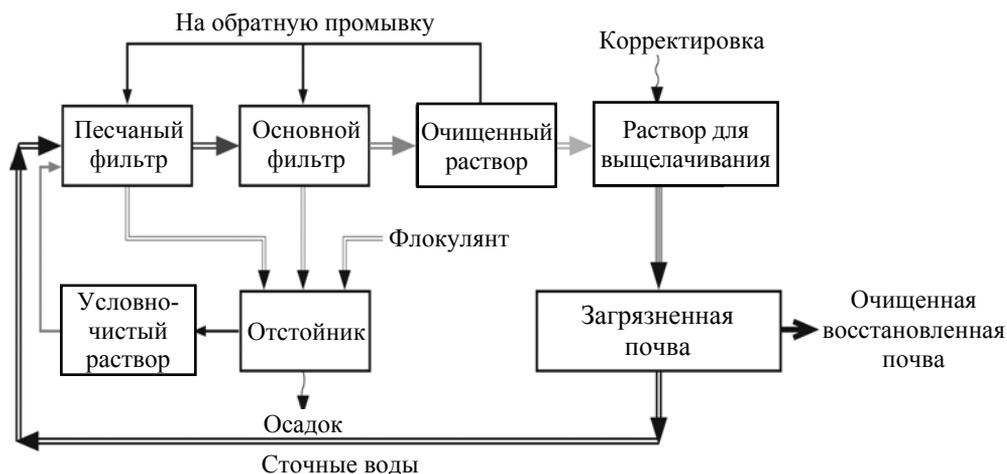


Рис. 1. Блок-схема площадки санации почв

в отработанном растворе, предложен адсорбционный метод очистки. Требования к адсорбенту – способность к комплексной очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов, мелкодисперсной фазы (мутности) и солей гуминовых кислот (цветности). Обязательное условие – низкая стоимость адсорбента. Перечисленным требованиям удовлетворяет разработанный адсорбционный гранулированный материал на основе бентонитовых глин, полученный методом экструзии. Размер гранул – 0,5 – 2,0 мм. Температура обжига – 550...800 °С. Определение химической и механической стойкости гранул полученных адсорбентов осуществлялось по ГОСТ Р 51641–2000 [8]. Адсорбционные свойства исследовались на модельных растворах ТМ с концентрациями до 100 мг/л. В таблице, как пример, представлены данные адсорбционной емкости по свинцу и железу. В качестве модельной суспензии использовался разведенный в дистиллированной воде мелкодисперсный бентонит с концентрациями до 150 ЕМФ. Модельные растворы гуминовых соединений готовились с концентрациями до 350 °С по Pt-Co шкале. Результаты исследований по адсорбции представлены в табл. 1.

По данным таблицы, наилучшие результаты по поглощению тяжелых металлов показывает образец с температурой обжига 550 °С. Меньшая адсорбционная емкость образцов с температурой обжига 650 и 800 °С объясняется уменьшением свободной поверхности с повышением температуры обжига. При этом установлено также, что температура обжига гранул практически не влияет на степень очистки сточных вод от гумусовых веществ и коллоидов.

Предложенная технология санации позволяет в одном технологическом цикле выполнить и восстановление почвы по кислотности и составу. В этих целях очищенную почву можно обработать растворами солей гуминовых кислот с добавками как описано в работах [9, 10]. Технология санации загрязненного грунта полностью отвечает стандартам экологичности и энергоэффективности, принятым в Российской Федерации, за счет следующего комплекса мер:

Таблица 1

Характеристика адсорбционных свойств бентонитовых гранул с разной температурой обжига

Температура обжига, °С	Адсорбционная емкость, А, мг/г		Степень очистки, %	
	Pb	Fe	по мутности	по цветности
550	2,12 ± 0,15	3,20 ± 0,24	95,2...98,4	86,0...95,6
650	1,52 ± 0,17	1,60 ± 0,19	96,0...97,8	81,0...95,7
800	1,22 ± 0,16	1,20 ± 0,14	95,0...97,5	83,0...95,1

- исключение операций по вывозу загрязненных земель и завозу чистых почв;
- проведение технологических операций не требует дополнительных затрат на нагрев рабочих сред;
- повторное использование (рециклирование) раствора-выщелачивателя в основном технологическом процессе санации почв.

Список литературы

1. Методические рекомендации по проведению инвентаризации объектов накопленного экологического ущерба // Утверждены Приказом Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 25 апреля 2012 г. N 193. – М. : [б. и.], 2012. – 16 с. (утратил силу на основании приказа Росприроднадзора от 08.10.2014 N 619).
2. Кошелев, А. В. Ликвидация объектов накопленного экологического ущерба / А. В. Кошелев, Е. И. Тихомирова, М. М. Вакараева // Вестн. Чеченского гос. ун-та. – 2017. – № 2 (26). – С. 113 – 116.
3. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы: СанПиН 2.1.7.1287-03 : утв. Минздравом РФ 16.04.2003. – Изд. офиц. – М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 16 с.
4. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Методические указания МУ 2.1.7.730-99. – Введ. 1999-04-05. – М. : Минздрав России, 1999. – 43 с.
5. Ликвидация полигона захоронения пестицидов «Большие Избищи» в Липецкой области / В. В. Кудрявцева [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. – 2016. – Т. 30, № 9 (178). – С. 81 – 83.
6. Кучное и подземное выщелачивание металлов / Г. Д. Лисовский [и др.] ; под ред. С. Н. Волощука. – М. : Недра, 1982. – 113 с.
7. ГОСТ 3351–74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности (с Изменением N 1). – Взамен ГОСТ 3351-46 ; введ. 1975-07-01. – М. : Издательство стандартов, 1974. – 7 с. (утратил силу на территории РФ).
8. ГОСТ Р 51641–2000. Материалы фильтрующие зернистые. Общие технические условия. – Введ. 2001-07-01. – М. : Госстандарт России, 2000. – 12 с.
9. Применение солей гуминовых кислот при рекультивации загрязненных территорий / В. Ф. Головков [и др.] // Химия и технология органических веществ. – 2017. – № 2 (2). – С. 64 – 69.
10. Разработка инновационной технологии производства гумино-минеральных композиций для решения экологических задач / А. В. Кошелев [и др.] // Сб. материалов II Кавказского Экологического Форума, 28 – 30 октября, 2015 г., Грозный. – Грозный, 2015. – С. 96 – 99.

References

1. *Metodicheskiye rekomendatsii po provedeniyu inventarizatsii ob'yektov nakoplennogo ekologicheskogo ushcherba* [Guidelines for the inventory of objects of accumulated environmental damage], Moscow: [s. n.], 2012, 16 p. (invalidated by order of Rosprirodnadzor dated 10/08/2014 N 619). (In Russ.)
2. Koshchelev A.V., Tikhomirova Ye.I., Vakarayeva M.M. [Liquidation of objects of accumulated environmental damage], *Vestnik Chechenskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Chechen State University], 2017, no. 2 (26), pp. 113-116. (In Russ., abstract in Eng.)
3. SanPiN 2.1.7.1287-03. *Sanitarno-epidemiologicheskiye trebovaniya k kachestvu pochvy* [Sanitary and epidemiological requirements for soil quality], Moscow: Federal'nyy tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004, 16 p. (In Russ.)

4. MU 2.1.7.730-99. *Gigiyenicheskaya otsenka kachestva pochvy naselennykh mest. Metodicheskiye ukazaniya* [Hygienic assessment of soil quality in populated areas. Guidelines], Moscow: Minzdrav Rossii, 1999, 43 p. (In Russ.)

5. Kudryavtseva V.V., Yeleyev Yu.A., Kruchinina N.Ye., Afanas'yev V.V. [Liquidation of the “Big Izbishchi” pesticide burial site in the Lipetsk Region], *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii* [Advances in chemistry and chemical technology], 2016, vol. 30, no. 9 (178), pp. 81-83. (In Russ., abstract in Eng.)

6. Lisovskiy G.D., Lobanov D.P., Nazarkin V.P., Voloshchuk C. H. [Ed.] *Kuchnoye i podzemnoye vyshchelachivaniye metallov* [Heap and underground leaching of metals], Moscow: Nedra, 1982, 113 p. (In Russ.)

7. GOST 3351–74. *Voda pit'yevaya. Metody opredeleniya vkusa, zapakha, tsvetnosti i mutnosti (s Izmeneniyem N 1)* [Drinking water. Methods for the determination of taste, smell, color and turbidity (with a change in N 1)], Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1974, 7 p. (expired on the territory of the Russian Federation). (In Russ.)

8. GOST R 51641–2000. *Materialy fil'truyushchiye zernistyye. Obshchiye tekhnicheskkiye usloviya* [Granular filtering materials. General technical conditions], Moscow: Gosstandart Rossii, 2000, 12 p. (In Russ.)

9. Golovkov V.F., Koshelev A.V., Afanas'yev V.V., Kozlov V.V., Yeleyev Yu.A. [The use of salts of humic acids in the recultivation of contaminated areas], *Khimiya i tekhnologiya organicheskikh veshchestv* [Chemistry and technology of organic substances], 2017, no. 2 (2), pp. 64-69. (In Russ.)

10. Koshelev A.V., Litvinov Yu.M., Korol'kov M.V., Kondrat'yev V.B. *Sbornik materialov II Kavkazskogo Ekologicheskogo Foruma* [Proceedings of the II Caucasus Ecological Forum], 28-30 October, 2015, Grozny, 2015, pp. 96-99. (In Russ., abstract in Eng.)

Sanitation of Contaminated Soils

**D. I. Mustafin, A. V. Koshelev,
V. F. Golovkov, Yu. A. Eleev, E. N. Glukhan**

*D. I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology,
Moscow, Russia;
State Research Institute of Organic Chemistry and Technology,
Moscow, Russia*

Keywords: leaching; environmental pollution; accumulated environmental damage; toxic chemicals.

Abstract: The issues of practical rehabilitation of the soils of technogenic areas by the leaching method are considered. A technological procedure for the treatment and restoration of polluted soils is proposed, which includes, among other things, the neutralization of the resulting wastewater with the help of a highly effective adsorbent. The remediation technology of contaminated soil fully meets the standards of environmental friendliness and energy efficiency adopted in the Russian Federation.

© Д. И. Мустафин, А. В. Кошелев,
В. Ф. Головков, Ю. А. Елеев, Е. Н. Глухан, 2019