

2. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
3. Семчуков А.Н. Численное моделирование нестационарных течений и качества воды в открытых руслах: решение прямой и обратной задач: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Барнаул, 2004. – 30 с.
4. Grishin A.M. Mathematical Modeling Forest Fire and New Methods Fighting Them. F. Albin (ed.). – Tomsk: Publishing House of Tomsk University. – 1997 – P. 81-91.

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ БАРЬЕР НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ КАК СПОСОБ ЗАЩИТЫ ПОЧВ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

*А.Д. Мушченко студ., Д.Ю. Воробьева студ., Л.Ф. Щербакова, к.х.н., доц.
Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина
410054, г.Саратов, Политехнический 77, (8452)-99-85-57
E-mail: mushchenko_anna@mail.ru*

Аннотация: Использование композиционных смесей на основе природных сорбентов (глауконит, вермикулит, торф, гумусовый мелиорант «Нисаба») обеспечивает процессы сорбции и закрепление тяжелых металлов в почве, что позволяет восстановить и усилить геохимические барьеры для их иммобилизации. В ходе исследования было выявлено, что данный способ можно считать малоэффективным для Ni^{2+} , наиболее эффективен для Cu^{2+} и Pb^{2+} .

Abstract: The use of composite mixtures based on natural sorbents (glauconite, vermiculite, peat, humus ameliorant "Nisaba") provides the processes of sorption and fixation of heavy metals in the soil, which allows to restore and strengthen geochemical barriers for their immobilization. The study revealed that this method can be considered ineffective for Ni^{2+} , most effective for Cu^{2+} and Pb^{2+} .

В условиях современного развития человечества, перед крупными промышленными городами с плотным движением автотранспорта стоит множество серьезных проблем. Одна из ключевых - загрязнение тяжелыми металлами (ТМ) почвы, т.к. этот процесс носит необратимый характер и способен нанести вред здоровью человека, в частности, и человечеству, в целом. В последние десятилетия для защиты окружающей среды от загрязнения наметилась тенденция использования геохимических барьеров, применение которых в ряде случаев позволяет отказаться проведения дорогостоящих природоохранных мероприятий.

Для защиты почв от тяжелых металлов нами разрабатывался искусственный геохимический барьер (ИГБ) на основе природных сорбентов: глауконит (Г), вермикулит (В), торф (Т) и гумусовый мелиорант «Нисаба» (М).

Вермикулит – минерал из группы гидрослюд, имеющих слоистую структуру, большую влагоемкость, являющихся химически инертным, нейтрален к действию щелочей и кислот. Он не подвержен разложению и гниению, почва с его использованием не слеживается, не образуется корка на ее поверхности, она остается рыхлой [1].

Глауконит - сложный калийсодержащий водный алюмосиликат, содержит более двадцати микроэлементов, находящихся в легко извлекаемой форме сменных катионов[2]. Глаукониты оказывают огромное влияние на миграцию и распределение соединений ТМ между почвой и растениями.

Торф – осадочная рыхлая горная порода, образованная скоплением остатков растений, подвергшихся неполному разложению в условиях болот. Торф и содержащие его почвы служат естественным фильтром для природной воды, эффективно поглощая тяжелые металлы и другие примеси [3].

В состав гумусового мелиоранта почв «Нисаба» входят почвенные кондиционеры, созданные на основе гуминовых веществ. В результате использования активизируется деятельность микроорганизмов, ускоряющих гумификацию органических остатков; связываются ионы тяжелых металлов и других вредных примесей. Гумусовые мелиоранты являются экологически безопасными продуктами и имеют низкую стоимость [4].

Использование композиционных смесей на основе природных сорбентов, наилучшим способом обеспечивающих процессы сорбции и закрепление ТМ в почве, позволит восстановить и усилить геохимические барьеры в почве для их иммобилизации [5].

Лабораторный анализ проб был осуществлен в химической лаборатории СГТУ им. Ю. А. Гагарина. После высушивания почвы в лаборатории до воздушно-сухого состояния, их просеивали че-

рез сито с диаметром отверстий 1 мм, прокачивали в течение 2 часов при $t=105^{\circ}\text{C}$ и определяли валовую форму тяжелых металлов в почве. Анализ проб осуществлялся на приборе со спектрометрической камерой, наполненной воздухом СПЕКТРОСКАН МАКС - G.

На первом этапе разработки рассматривалось влияние однокомпонентной системы сорбентов на почву. Контроль загрязняли солями ТМ, с 1 ОДК [6]. Для эксперимента брали 10 г контрольной почвы и вносили сорбенты. Торф и вермикулит вносили по одному грамму. Глауконит и мелиорант было решено брать в количестве 0,5 г, т.к. они являются наиболее сильными связующими звеньями. Результаты представлены в таблице 1

Таблица 1

Анализ влияния однокомпонентной системы сорбентов
на содержание ТМ в почве, соответствующее 1 ОДК

Me, мг/кг	К.П.	ОДК	Торф 1 г	Глауконит 0,5 г	Вермикулит 1 г	Мелиорант 0,5 г
Ni ²⁺	187±7,01	80	162±6,48	192±5,76	155±7,75	171±3,42
Zn ²⁺	356,4±10,69	220	393,8±19,65	363±18,15	343,2±6,86	347,6±10,43
Cu ²⁺	223,2±4,46	132	114±2,28	106,8±1,07	109,4±4,38	134,9±6,75
Pb ²⁺	349±10,47	130	224,9±11,24	252,2±7,57	187,9±3,74	370,5±11,12

При внесении торфа наблюдалось снижение концентрации никеля на 14,4%, свинца на 36,7%, меди на 49,9%. При внесении вермикулита концентрация меди снизилась на 53,2%, свинца на 28,7%.

Глауконит снижает концентрацию меди на 52 %, свинца 7,2%, никеля на 18,1% и цинка на 3,7%. При внесении мелиоранта концентрация металлов снизилась незначительно, поэтому мы исключили его из дальнейших исследований.

На втором этапе оценивалось влияние двухкомпонентных систем сорбентов на почву. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Анализ влияния двухкомпонентных систем сорбентов
на содержание ТМ в почве, соответствующее 1 ОДК

Me, мг/кг	К.П.	ОДК	Г:В (0,5:1)	Г:Т (0,5:1)	В:Т (1:1)
Ni ²⁺	144,8±4,34	80	142,9±4,29	123,7±3,71	89,2±3,57
Zn ²⁺	330,0±6,6	220	336,38±6,73	326,26±6,53	321,2±12,85
Cu ²⁺	316,8±12,67	32	118,56±1,19	103,2±3,08	93,6±3,74
Pb ²⁺	366,6±11,0	130	201,5±6,05	272,35±10,89	251,55±12,58

Как видим из результатов анализа, под влиянием смеси Г:В в соотношении 0,5:1 концентрация меди уменьшилась на 63,6%, свинца на 46%, влияние на никель и цинк незначительно.

При внесении Г:Т в соотношении 0,5:1 концентрация меди уменьшилась на 68,4%, концентрация свинца на 26,7%, концентрации никеля на 14,6%, для цинка концентрация уменьшились всего на 1,3%. Систему можно считать эффективной.

Смесь В:Т в соотношении 1:1 оказывает иное влияние на содержание ТМ в почве. Концентрация меди снизилась на 71,5%, никеля на 39,4%, свинца на 32,4%. Влияние на цинк оказалось малоэффективным (уменьшение концентрации на 2,7%). Эту двухкомпонентную систему сорбентов можно считать наиболее эффективной в отношении почвы с загрязнением тяжелыми металлами, соответствующим 1 ОДК.

Таким образом, мы можем сделать вывод о том, что на данном этапе исследований двухкомпонентные системы наиболее эффективны для меди (уменьшение концентраций на 63-71%) и свинца (на 27-46%). Влияние двухкомпонентных систем для цинка оказалась малоэффективным.

Затем было рассмотрено влияние трехкомпонентных систем сорбентов на ТМ в почве. Были использованы вермикулит, глауконит, торф в разных соотношениях, а именно: Г:В:Т (0,5:1:1) и Г:В:Т (1:1:1). Результаты проведенного эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3

Анализ влияния трехкомпонентных систем сорбентов на содержание ТМ в почве, соответствующее 1 ОДК.

Me, мг/кг	К.П.	ОДК	Г:В:Т (1:1:1)	Г:В:Т (0,5:1:1)
Ni ²⁺	167,0±5,01	80,0	134,0±4,02	141,0±2,82
Zn ²⁺	354,2±10,63	220,0	305,8±9,17	347,6±10,43
Cu ²⁺	135,84±2,72	132,0	98,88±1,98	99,36±4,97
Pb ²⁺	336,05±13,44	130,0	251,55±12,58	332,8±3,34

В результате внесения трехкомпонентной системы сорбентов Г:В:Т наилучшим образом проявляет система В:Г:Т в соотношении 1:1:1. Концентрация никеля и цинка снизилась на 13,7% и 19,8%, меди и свинца на 27,2% и 25,1% соответственно.

После проведенных экспериментов в отношении загрязнения почвы ТМ 1 ОДК было изучено влияние двух- и трехкомпонентных систем сорбентов на ТМ на почву с загрязнением, превышающим 5 ОДК. Для этого было решено использовать следующие системы сорбентов: Г:Т (0,5:1), В:Т (1:1), Г:В:Т (0,5:1:1), Г:В:Т (1:1:1) [7]. Результаты проведенного эксперимента представлены в таблице 4.

Таблица 4

Анализ влияния двух- и трехкомпонентных систем сорбентов на содержание ТМ в почве, соответствующее 5 ОДК.

Me, мг/кг	К.П.	ОДК	Г:Т (0,5:1)	В:Т (1:1)	Г:В:Т (0,5:1:1)	Г:В:Т (1:1:1)
Ni ²⁺	580,0±17,4	80,0	556,0±11,12	531,0±15,93	541,0±21,64	527,0±15
Zn ²⁺	1177,0±23,54	220,0	1159,4±23,19	985,6±19,71	974,6±29,24	939,4±18
Cu ²⁺	672,0±6,72	132,0	419,76±16,78	374,16±14,96	269,52±2,69	245,52±7
Pb ²⁺	1053,0±31,59	130,0	942,5±28,27	871,0±26,13	795,6±15,9	645,45±9

Как показывают результаты, в отношении загрязнения, соответствующему 5 ОДК все системы сорбентов действуют эффективно. При внесении системы Г:Т концентрации никеля, цинка, свинца снизились в среднем на 1,5-10,5%, концентрация меди на 37,5%. При использовании системы В:Т концентрация никеля уменьшилась на 8,4%, цинка и свинца на 16,3-17,3%, меди на 44,3%.

Самую высокую эффективность в отношении ТМ в почве показала трехкомпонентная система сорбентов в соотношении (1:1:1). В этом случае концентрация никеля снизилась на 9,1%, цинка 20,2%, меди на 63,5%, свинца на 38,7%.

Таким образом, в ходе испытаний был разработан искусственный ГХБ для загрязнённых почв, превышающих фоновое значение ОДК до 5 раз. Данный барьер состоит из трехкомпонентной системы сорбентов: Г:В:Т в соотношении 1:1:1.

Дальнейшим этапом разработок является усовершенствование данного ГХБ в целях снижения концентрации ТМ в почве до уровня 1 ОДК.

Литература.

1. Грунтоведение / В. Т. Трофимов [и др.] – М.: Изд-во МГУ, 2005 – 1024 с.
2. Добровольский, В. В. Геохимическое земледелие / В. В. Добровольский. – М.: Владос, 2008. – 207 с.
3. Новоселова, Л. Ю. Сорбенты на основе Торфа для очистки загрязненных сред / Л. Ю. Новоселова, Е. Е. Сироткина // Сб. Химия твердого топлива. – М.: Наука, 2008. – №4. – С.64–77.
4. Егорова, Е. В. Эколого-биологическая оценка мелиорантов для детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами / Е. В. Егорова // Проблемы агрохимии и экологии. – 2010. – № 1. – С.55–62.
5. Дампилова, Б. В. Перспективы применения природных цеолитовых туфов в геохимических барьерах / Б. В. Дампилова, Э. Л. Зонхоева // Вестник Пермского университета. – 2007. – №4(9). – С.24
6. ГН 2.1.7.2511-09 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве». – Введ. 2009–01–07. – М.: Роспотребнадзор, 2009. – 6с.
7. Пат. 2202838 Российская Федерация, МПК G21F9/24, B09B5/00. Способ сооружения восстановительного геохимического барьера в подземной среде/ Культин Ю. В.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество «Ореол». – №2003104224/03; заявл. 18.07.2001; опубл. 20.04.2003, Бюл. № 1 – 4 с.