

# ОПТИМИЗАЦИЯ ОБСТАНОВКИ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВ И СВАЛОК ТОКСИКАНТАМИ

**В.И. Савич, д.с.-х.н., В.А. Раскатов, к.б.н., И.И. Тазин, к.с.-х.н., В.В. Гукалов, РГАУ-МСХА 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8(499) 976-16-17, e-mail: [savich.mail@gmail.com](mailto:savich.mail@gmail.com), тел.: 8 (499) 9762275, e-mail: [raskatovv@list.ru](mailto:raskatovv@list.ru), тел.: 8(499) 976-05-45, e-mail: 89100009410@mail.ru**

Предлагаются способы оптимизации обстановки при загрязнении почв и грунтов свалок тяжелыми металлами, нефтепродуктами и радиоактивными элементами. При создании щелочных и карбонатных барьеров количество водорастворимых соединений Fe уменьшилось с  $2,3 \pm 0,1$  до  $0,6 \pm 0,01$  мг/л, Mn – с  $0,2 \pm 0,1$  до  $0,06 \pm 0,01$ , Zn – с  $0,6 \pm 0,1$  до  $0,1 \pm 0,01$  мг/л. При этом содержание водорастворимых форм коррелировало с содержанием подвижных форм и не коррелировало с содержанием кислоторастворимых форм.

При внесении в почву цеолита установлено уменьшение миграции тяжелых металлов, фосфора,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ . Для поглощения нефтепродуктов рекомендуется внесение в почвы гидрофобизированного верхового торфа. Внесение сорбента в дозе 30 т/га практически полностью поглощало тяжелые металлы, антигололедные реагенты, прослойки торфа на глубине 20-25 см препятствовали поднятию солей к поверхности.

Показана целесообразность создания центров осадкообразования из  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MnO}_2$  для уменьшения подвижности тяжелых металлов. При этом  $E_{\text{HmV}}$  по ХСЭ изменялось при внесении  $\text{MnO}_2$  в черноземе от 313 до 350 мв, содержание водорастворимого Fe – с 11,9 до 5,5, в каштановой почве – с 29,4 до 14,3 мг/л. Предложено удалять тяжелые металлы из почв методами электромелиорации. Рассматриваются особенности биологической очистки почв и фитомелиорации. Предлагается перекрывать свалки грунтом с заданными сорбционными свойствами и создавать пакеты геохимических барьеров, селективных для поглощения отдельных токсикантов.

Ключевые слова: загрязнение почв и грунтов, свалки, барьеры, тяжелые металлы, миграция, медь, цинк, железо, фосфор,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , электромелиорация.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.109.17

Свалки из отходов быта, промышленности, транспорта и сельского хозяйства в значительной степени нарушают экологическое состояние компонентов ландшафтов (водной и воздушной среды, почв, растений, биоты), что сопровождается значительными экономическими убытками [10]. Загрязнение почв усиливается и в пределах городов. Содержание тяжелых металлов в почвах городов часто с течением времени их существования возрастает. Так, для г. Химки (рядом с Москвой) в фоновой почве и для урбанизированных территорий содержание тяжелых металлов в вытяжке 1н. НС1 составляет (мг/кг): Ni – 12,0 и 22,4; Cu – 9,5 и 14,5; Zn – 38,0 и 85,4; Pb – 8,4 и 23,0; Cd – 0,06 и 0,16 [8].

Степень экологической напряженности территорий коррелирует с уровнем заболеваемости населения. Так, для очень высокой напряженности в Москве ранги районов по уровню общей заболеваемости составляют 1, 2, 5, а при средней – 2, 6, 7.

Постепенное загрязнение почв тяжелыми металлами происходит и в почвах парков. Так, в 1910, 1952 и 1992 гг. содержание в почвах Лесной опытной дачи ТСХА составляло: Pb – 19, 22 и 28, Cu – 3,6; 4,7 и 8,0 мг/кг соответственно [8].

С учетом возникающих проблем загрязнения территорий и ухудшения их экологического состояния актуальна разработка способов оптимизации обстановки, в том числе рекультивации свалок, которая по отдельным технологиям очень затратна [6].

Объектом исследования выбраны дерново-подзолистые, серые лесные почвы и черноземы оптимальной и избыточной влажности пахотных угодий, парков и урбанизированных территорий г. Москвы [8].

**Методика.** Заключалась в определении экологического состояния территорий, содержания в почвах нефтепродуктов, тяжелых металлов, физико-химических свойств почв, их микробиологической активности [14],

в постановке модельных опытов по рекультивации почв с использованием сорбентов, окислителей, комплексонов, мелиорантов, электромелиорации [7].

**Материалы и методика исследований.** Загрязнение почв сопровождается ухудшением одних свойств почв и взаимосвязанных с ними других свойств. При этом происходит изменение почвенных процессов и режимов. Для оптимизации обстановки применяют: связывание токсикантов в труднорастворимые соединения; удаление их из верхнего слоя и инактивация в нижних слоях почв или в мигрирующих водах; удаление токсикантов из почв с использованием биологической очистки, электромелиорации; увеличение буферной емкости почв и устойчивости почв, растений и микроорганизмов к загрязнению. При этом разные типы почв определенного гранулометрического состава обладают неодинаковой устойчивостью к загрязнению различными токсикантами, что обуславливает и неодинаковые пути оптимизации их свойств.

По полученным данным, перспективно внесение в почву одних отходов для нейтрализации других. Так, внесение фосфогипса позволяет уменьшить содержание в почве водорастворимых и подвижных соединений алюминия. Использование больших доз навоза и помета после их ферментации приводит к увеличению гумусированности, емкости поглощения почв, их микробиологической активности. Внесение в почвы золы ТЭЦ позволяет увеличить pH, что важно для кислых почв, а внесение опилок приводит к сужению отношения в почве C/N, уменьшению миграции  $\text{NO}_3$  в грунтовые воды, а недоокисленных соединений азота – в воздушную среду. Рядом авторов показано положительное влияние на экологическое состояние почв внесения в них удобрений, мелиорантов.

Различные типы почв имеют естественные геохимические барьеры, обусловленные генезисом. Так, в дерново-подзолистых почвах таежно-лесной зоны мигра-

ция веществ задерживается сорбционным барьером горизонта  $A_1$  с высокой емкостью катионного обмена ( $> 10$  мг-экв/100 г) при емкости гумуса 500-800 мг-экв/100 г и черноземов – 30-50 мг-экв/100 г почвы. Этот горизонт служит и микробиологическим барьером для газообразных продуктов. Горизонт  $A_2$  является кислым барьером, а в автоморфных почвах – окислительным барьером. Горизонт В - окислительный барьер, барьер физико-химической сорбции, механический и щелочной барьер. В оглеенных почвах глеевые горизонты являются восстановительными барьерами: сульфидными, механическими, при непромывном типе водного режима – щелочными, при промывном типе – кислыми, а также барьерами физико-химической сорбции.

В черноземных почвах ярко проявляются физико-химические барьеры: щелочные, карбонатные, механические, микробиологические. В каштановых почвах дополнительную роль в предотвращении миграции веществ играют карбонатные, сульфатные, щелочные барьеры.

В зависимости от гидротермических условий территории в исследуемых почвах ярко проявляются термодинамические барьеры: концентрационные, испарительные и др.

1. Миграцию в грунтовые воды и с испарением из почв тяжелых металлов можно уменьшить за счет создания сульфидных барьеров: карбонатных, сульфатных, щелочных. Так, по полученным данным, при создании щелочной реакции содержание водорастворимых соединений тяжелых металлов в почвах значительно уменьшалось.

Известкование почв снижает содержание в них водорастворимых соединений тяжелых металлов: Mn, Fe, Zn. Так, при одинарной и двойной дозах  $CaCO_3$ , внесенных в дерново-подзолистую среднесуглинистую почву содержание Fe уменьшилось с  $2,3 \pm 0,1$  до  $0,6 \pm 0,01$  мг/л, Mn – с  $0,2 \pm 0,1$  до  $0,06 \pm 0,01$ , Zn – с  $0,6 \pm 0,1$  до  $0,1 \pm 0,01$  мг/л. В этой же эродированной почве Mn – с  $0,6 \pm 0,1$  до  $0,2 \pm 0,04$ ; Fe – с  $2,4 \pm 1,1$  до  $0,7 \pm 0,1$  мг/л [6].

По полученным данным, при щелочной реакции среды уменьшается содержание водорастворимых форм Fe, Zn, Mn. Так, при изменении pH с  $5,7 \pm 0,03$  до  $7,3 \pm 0,02$  в дерново-подзолистых почвах содержание водорастворимого железа уменьшилось с 24,5 до 7,3 мг/л, цинка – с 0,12 до 0,05, марганца – с 3,6 до 1,0 мг/л.

pH в начале осаждения гидроксидов тяжелых металлов составляет для  $Sn^{2+}$  - 2,0;  $Hg^+$  - 3,0;  $Cr^{3+}$  - 5,3;  $Cu^{2+}$  - 5,3;  $Pb^{2+}$  - 6,0;  $Cd^{2+}$  - 6,7;  $Ni^{2+}$  - 6,7;  $Co^{2+}$  - 6,8;  $Zn^{2+}$  - 7,0;  $Hg^{2+}$  - 7,2;  $Mn^{2+}$  - 8,5-2,8. Минимальный переход тяжелых металлов в растениеводческую продукцию при сильной степени загрязнения ими ( $> 30$  кларков) достигается для хрома, меди, железа, свинца при pH 6,0-6,5; для кадмия, никеля, кобальта, цинка, ртути – при pH 7,3.

Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в почвах зависят от pH среды и гранулометрического состава почв. Так, для супесчаных и суглинистых почв при pH  $< 5,5$  и pH  $> 5,5$  эти нормы, равные 4-кратному значению экологической нормы содержания [14].

Содержание водорастворимых форм тяжелых металлов ( $X_1$ ) чаще коррелирует с содержанием подвижных форм ( $X_2$ ) и не всегда с содержанием кислоторастворимых форм ( $X_3$ ) и валовым. Так, по полученным данным,

в почвах парка им. Гастелло (г. Уфа) установлены следующие зависимости: для Ni  $X_1 = 0,006X_2 - 0,001X_3 + 0,077$ ; для Mn  $X_1 = 0,012X_2 - 0,001X_3 + 0,101$ ; для Pb  $X_1 = 0,026X_2 - 0,000X_3 + 0,107$ .

2. Миграция в грунтовые воды и с испарением из почв катионов существенно уменьшается при создании сорбционных барьеров с высокой емкостью поглощения катионов. Например, при использовании сорбционных барьеров на основе цеолита.

Показано, что цеолит активно сорбирует тяжелые металлы, которые находятся в почвенном растворе в гидратированной ионной форме. Однако, величина поглощения уменьшалась при наличии в растворе комплексонов на тяжелые металлы и при подкислении среды [11]. Согласно проведенным исследованиям, цеолит поглощал из почв стронций и кадмий, совместное внесение фосфогипса и цеолита (10 т/га) уменьшало содержание водорастворимого стронция на 15-75% [5]. При этом на солонцовых почвах эффективнее применение малонатриевых цеолитов. При поступлении в растения тяжелых металлов проявлялось действие физиологических антиконцентрационных барьеров [6]. Цеолит обладает высокой поглотительной способностью и по отношению к газам.

Тяжелые металлы хорошо адсорбируются из почвы цеолитом, торфом, бентонитом, сапропелем, глиноземом при емкости поглощения ими катионов от 10 до 85 мг-экв/100 г почвы [3]. Однако, наибольшей емкостью поглощения обладали сорбенты, состоящие на 65% из сапропеля, 25 цеолита и 10% из глинозема с pH 6,5 и емкостью поглощения катионов 252 мг-экв/100 г [3].

Так, после внесения в почву фосфогипса содержание водорастворимых стронция и кадмия составляло 17,8 и 0,17 мг/л, а при одновременном внесении его с цеолитом – 14,3 и 0,08 мг/л соответственно. При внесении НРК<sub>(180)</sub> содержание водорастворимого цинка составляло 0,3 мг/л, а при одновременном внесении с цеолитом – 0,1 мг/л, содержание марганца, соответственно, 0,65 и 0,12 мг/л.

Цеолит, вносимый в почвы, поглощает фтор. По полученным в опыте данным, цеолит, относящийся к калий-кальциевому типу, хорошо сорбировал фтор из фосфогипса и почв, загрязненных фосфогипсом. Адсорбция фтора хорошо описывалась уравнением Фрейдлиха при возможном поглощении фтора за счет хемосорбции с образованием малорастворимого соединения с кальцием. При этом уменьшалось и поглощение фтора растениями [6].

Согласно проведенным исследованиям, применение цеолитов дает положительные результаты при детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами, нефтепродуктами, пестицидами, как матрица для стабилизации и синтеза органического вещества почв, для сорбции нежелательных примесей из осадка сточных вод, как компонент грунтов. Однако сорбция зависит от температуры, влажности, pH, Eh, ионной силы, комплексообразующей способности почвенного раствора. Она отличается для разных концентраций сорбата и зависит от очередности воздействия.

3. Поглощение водорастворимых органических соединений достигается применением сорбентов с хорошо выраженной молекулярной сорбцией, физической поглотительной способностью.

Значительной сорбционной способностью по отношению к токсикантам обладает торф. Исследования по

поглощению токсикантов торфом Nature-sorb из Канады показали, что использование адсорбента целесообразно для сорбции токсикантов, в качестве компонента геохимических барьеров, при адсорбции разливов нефти. Сорбент имеет  $pH_{H_2O}$  4,4,  $pH_{KCl}$  3,7, зольность 4,5%. Он поглощает на 1 часть торфа 1 часть растворов нефтепродуктов и растворов солей, объемная масса – 0,03 г/см<sup>3</sup>. Сорбционная емкость сорбента до 200 мг-экв/100 г почвы. Внесение сорбента в дозе до 30 т/га достаточно для инактивации тяжелых металлов; доза до 15 т/га – для поглощения антигололедных реагентов. В отношении 1:1 он мгновенно сорбировал нефтепродукты [6].

Получены данные [4] о том, что использование минеральных и органических удобрений позволило ускорить процесс восстановления загрязненных почв за счет активации деятельности микробиоты, в том числе углеродооксилирующей. При этом интенсивность очистки верхнего слоя от светлых и темных нефтепродуктов за вегетационный период увеличилась на 20-50% [4].

4. Испарение токсикантов из почв возрастает при увеличении степени закрепления ими.

Для регулирования скорости и интенсивности испарений из загрязненных почв используют создание верхнего слоя с заданным размером пор (закрытие влаги при рыхлении почв и увеличение испарения при их уплотнении). Уменьшение испарения наблюдается при увеличении размера пор в почвах – при рыхлении почв и создании структуры. При создании прослойки крупных пор в почвенном профиле прекращается поднятие к поверхности солей и токсикантов. Так, по полученным данным, прослойка торфа на глубине 20-25 см приводила к прерыванию капиллярного поднятия солей в почве с глубины 90-100 см. Содержание хлора на глубине 90-100 см было 51,5 мг-экв/100 г, а 20-25 см – 1,8; в слоях 10-20 и 0-10 см – 0,0. В контрольном варианте в этих слоях содержание хлора составляло, соответственно, 10,1 и 7,5 мг-экв/100 г почв [11].

5. Полагаем, что создание центров кристаллизации (осадкообразования) возможно за счет изменения pH и Eh среды, образования осадков фосфатов, карбонатов, органоминеральных комплексов, внесения сорбентов с большой емкостью.

Локальные геохимические барьеры возникают в центрах окристаллизации Fe, Mn, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> при внесении CaCO<sub>3</sub>, подщелачивании среды, окислении почв [7]. Это иллюстрируют данные таблицы 1.

**1. Изменение подвижности соединений железа и марганца под влиянием CaCO<sub>3</sub>, мг/л в вытяжке 0,1н. HCl**

Вариант опыта	Чернозем		Торф	
	Fe	Mn	Fe	Mn
Центр внесения осадителя	26,3	16,8	37,2	38,0
3 см от центра	177,7	112,1	71,0	64,1

\*2 г в 100 г почвы, компостирование 10 дней (здесь и в табл. 2).

Аналогичное влияние оказывают и меньшие дозы CaCO<sub>3</sub>, но в течение более длительного времени взаимодействия (табл. 2).

Создание центров осадкообразования возможно и при внесении в почву окислителей. Подобный эффект получен при внесении в почву MnO<sub>2</sub>. Это иллюстрируют данные таблицы 3.

**2. Влияние CaCO<sub>3</sub> \* на содержание водорастворимых Fe, Mn, (время – 30 дней), мг/л**

Почва	Зона	Fe		Mn	
		Fe	Mn	Fe	Mn
Чернозем	Центр	0,4	0,5	283	7,3
	Периферия	0,7	0,3	285	6,9
Пойменная	Центр	0,6	1,3	302	7,1
	Периферия	1,2	0,9	330	7,1
Торф	Центр	0,3	0,1	357	5,3
	Периферия	0,4	0,5	338	5,3
Дерново-подзолистая	Центр	5,8	0,1	260	7,3
	Периферия	13,3	0,2	272	7,2

**3. Влияние внесения в почвы MnO<sub>2</sub> на pH, Eh и содержание водорастворимого железа**

Почва	Зона	pH	Eh, мВ по ХСЭ	Fe, мг/л	
				Fe	Mn
Чернозем	Центр	6,1	350	5,5	
	Периферия	6,1	313	11,9	
Каштановая	Центр	6,8	360	14,3	
	Периферия	7,1	337	29,4	
Торф	Центр	5,7	272	0,8	
	Периферия	5,7	228	4,9	

6. Миграцию токсикантов в грунтовые воды можно уменьшить при искусственном создании геохимических барьеров на определенной глубине. Так, промывание почв водорастворимым органическим веществом разлагающихся растительных остатков приводило к миграции тяжелых металлов до глубины 70-90 см. Последующее промывание почв щелочными растворами или растворами фосфатов способствовало закреплению тяжелых металлов на этой глубине [13].

7. По полученным данным, одним из способов создания геохимических барьеров и изменения содержания подвижных и водорастворимых форм элементов в почвах служит электромелиорация почв [10]. При погружении в дренажные трубы с почвенным раствором катода, а на поверхности почвы – анода катионы движутся к катоду и выносятся за пределы очищаемого участка. При погружении в дренажные трубы с водой анода почва очищается от токсикантов, имеющих отрицательный заряд. Это иллюстрируют данные таблицы 4.

**4. Электромелиорация избыточно увлажненных почв (V = 50 В, t = 6 сут)\***

Показатель	Eh, мВ	pH	Fe, Mn	
			мг/100 г	
Дерново-подзолистая почва:	130	11,4	75,0	27,0
Чернозем выщелоченный:	330	10,9	10,0	10,0
Перегнойно-торфяная почва:	160	11,8	153,0	19,0

\*Вытяжка 0,1н. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Как видно из представленных данных, величины pH, Eh, содержание подвижных соединений железа и марганца у катода и анода существенно различаются.

При напряжении 14 В течение 10 мин под влиянием электромелиорации происходила значительная очистка дерново-подзолистых почв парков г. Москвы от свинца (до 0,1 мг/100 г за 10 мин или при принятых в электромелиорации сроках 100 ч – до 60 мг/100 г почв).

По полученным данным, добавление в почвы комплексона ЭДТА и органического вещества компоста

крапивы изменяло содержание суммы положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений, удаленных из почв при электромелиорации: Cd – от 0,10 до 0,13 мг/л, Zn – от 1,9 до 5,8 мг/л.

Инактивация патогенных микроорганизмов в свалках и грунтах может проводиться с использованием электромагнитных полей [10].

8. Уменьшению миграции тяжелых металлов и радионуклидов в грунтовые воды и их поступлению в растения способствует образование структуры почв. Десорбция ТМ из твердой фазы почвы в почвенный раствор и поглощение растениями протекают быстрее из внешних поверхностей структурных отдельностей и затруднены из внутренних. Это обуславливает и меньшую миграцию этих ионов в грунтовые воды и меньшее испарение их из более оструктуренных почв [15].

9. Одним из способов уменьшения миграции токсикантов в грунтовые воды и с испарениями из почв является биологическая очистка почв. Растения потребляют токсины, которые затем удаляются с поля. Однако при этом важны как биомасса выращиваемых растений, так и аккумуляция тяжелых металлов в корнях или в надземных органах. Согласно проведенным исследованиям, при этом уменьшается содержание водорастворимых форм тяжелых металлов в почве, но не снижается их валовое содержание [2].

Интенсивность биологической очистки почв от тяжелых металлов обусловлена коэффициентами поглощения их растениями и массой растений на 1 га. Например, по полученным данным, наибольшее количество цинка на 100 растений вынесла овсяница – 90,5 мг/г, меньшее – редис – 67,0 мг/г. Вынос растениями овсяницы составил 32,6, а редиса – 109,2 мг/сосуд.

Биологическая очистка почв от избытка тяжелых металлов увеличивается при внесении в почвы органических и минеральных удобрений, гуматов [12, 17]. Так, вынос цинка из грунтов с добавлением торфа составлял 46,5, а без торфа – 38,4 мг/сосуд. При повышении степени загрязнения почв свинцом и кадмием растения и больше выносили их из почв, соответственно 0,85 и 1,95; 2,9 и 6,7 мг/100 г.

10. В определенных конкретных условиях перспективна очистка почв от токсикантов с помощью фитомелиорации. При этом выращиваемые растения запахивают в землю и появляющиеся при их разложении органические лиганды образуют с тяжелыми металлами комплексные соединения, которые в ряде случаев менее токсичны. В то же время, внесение в почву органических остатков, органических удобрений увеличивает сорбционную емкость почв по отношению к катионам и анионам токсикантов, что уменьшает их миграцию в определенные среды.

Рекультивация свалок возможна при перекрытии их грунтом заданного состава, сорбирующим продукты испарения из всей массы свалки. Для этой цели разработаны алгоритмы создания грунтов с заданными свойствами (поглотительной способностью по отношению к катионам и анионам, по типу молекулярной сорбции).

Значительные нарушения экологического равновесия возникают при утилизации больших количеств навоза и помета. От одной птицефабрики (400 тыс. кур-несушек или 6 млн цыплят-бройлеров) в год поступает до 40 тыс. т птичьего помета, свыше 500 тыс. м<sup>3</sup> сточных вод, более 600 т продуктов технической переработки птицы. От производственных зон из птицеводческих помеще-

ний ежедневно поступает свыше 6 млн м<sup>3</sup> отработанного загрязненного воздуха.

Однако в случае создания условий для переработки и полного использования птичьего помета одна птицефабрика может дополнительно получать до 10 млн руб. дохода. А потребители, используя созданные из этого объема отходов органические удобрения, могут получить до 25 млн руб. прибыли в год. При обоснованных дозах внесения органических удобрений из помета в почву доход на 1 руб. затрат достигает 9 руб. [5]. Допустимые дозы зависят от способов переработки помета, свойств почв, их положения по рельефу и гидротермических условий территории [15].

В то же время, в проведенных исследованиях показано, что утилизация помета в дозе до 1000 т/га составляет 30% от массы пахотного слоя. Это позволяет создавать грунты для парков, скверов, овощных и цветоческих хозяйств [14].

При промывном типе водного режима и в период выпадения осадков токсиканты движутся вниз и попадают в грунтовые воды. Однако, при промораживании верхнего слоя почв, его иссушении, при высоких температурах поверхности токсиканты движутся вверх с испаряющейся водой. Для очистки территории от токсикантов необходимо увеличить прочность их связи с твердой фазой почв. Это достигается созданием верхнего слоя почв с заданными свойствами – из котлованных грунтов с наполнителями заданного состава.

Для создания городских почв предлагают смешивать почвообразующие породы с компостами путем твердофазной аэробной ферментации торфа, навоза, опилок, куриного помета, листы древесных пород в разных соотношениях (торф – 50% + навоз КРС – 50%; торф – 40% + листва – 40% + навоз – 20%) [8, 14].

По данным [1], внесение в почвы опилочной массы, щепы с добавкой микродоз NPK, CaCO<sub>3</sub>, мицелия почвенных микроскопических грибов значительно увеличивает активность микрофлоры почв.

Согласно [2], состав сложного компоста следующий: полуперепревшего навоза крупного рогатого скота – 25 т, фосфогипса – 3,5, растительных остатков – 4 т, послеуборочных остатков подсолнечника, сахарной свеклы, отходов кормления животных, отходов очистки зерен, древесных опилок. Компостирование проводили в весенне-летний период в течение 4,0-4,5 мес. Под влиянием сложного компоста увеличилась активность микрофлоры, содержание органического вещества, коэффициент структурности – от 2,5 до 3,0, произошла утилизация фосфогипса без превышения ПДК по стронцию и фтору.

Показано [5], что внесение в солонцы фосфогипса (5-10 т/га) позволяет получить экологически безопасную продукцию по Zn, Cu, Pb, Cd. Его использование привело к увеличению интенсивности биологической очистки почв от этих токсикантов [5].

Для различного сельскохозяйственного использования и определенных степеней и характера загрязнения конструируют грунты с заданными водно-физическими, физико-химическими, антипатогенными свойствами, определенной микробиологической и ферментативной активностью.

Таким образом, для очистки почв и свалок от токсикантов необходимо для определенных степеней и характера загрязнения создание селективных геохимических барьеров. Эти барьеры взаимодействуют друг с

другом и должны быть разделены во времени и в пространстве. Перспективно использование одних отходов для инактивации других. Протекающие в них процессы существенно зависят от свойств почв и грунтов свалок и от гидротермических условий территории.

Показано положительное влияние на инактивацию тяжелых металлов, радионуклидов, солей, нефтепродуктов цеолита, верхового торфа,  $\text{CaCO}_3$ , окислителей, гуматов, комплексонов.

**Выводы.** 1. Установлено, что при щелочной реакции среды уменьшается содержание водорастворимых форм Fe, Zn, Mn. При изменении pH с  $5,7 \pm 0,03$  до  $7,3 \pm 0,02$  в дерново-подзолистых почвах содержание водорастворимого железа уменьшилось с 24,5 до 7,3 мг/л, цинка – с 0,12 до 0,05, марганца – с 3,6 до 1,0 мг/л.

2. Промывание почв водорастворимым органическим веществом разлагающихся растительных остатков приводило к миграции тяжелых металлов до глубины 90 см. Последующее промывание почв щелочными растворами или растворами фосфатов способствовало закреплению тяжелых металлов на этой глубине.

3. Применение цеолитов дает положительные результаты при детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами, нефтепродуктами, пестицидами, как матрица для стабилизации и синтеза органического вещества почв, сорбции нежелательных примесей из осадка сточных вод, как компонент грунтов.

4. Добавление в почвы комплекса ЭДТА и органического вещества крапивы изменяло содержание суммы положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений, удаленных из почв при электромелиорации: Cd – от 0,10 до 0,13, Zn – от 1,9 до 5,8 мг/л.

5. Для очистки почв и свалок от токсикантов необходимо создание селективных, для определенных степеней и характера загрязнения, геохимических барьеров. Эти барьеры взаимодействуют друг с другом и должны быть разделены во времени и в пространстве.

#### Литература

1. Антонов Г.И., Кондукова О.Э., Голощапова Ю.А. Оптимизация почвенного микробценоза с использованием биоконверсии отходов лесопереработки при искусственном лесовыращивании, 5-я Международная конф. «Проблемы рекультивации отходов быта, промышлен-

- ности и сельскохозяйственного производства». - Краснодар, 2017. - С. 49-51.
2. Гукалов В.Н., Савич В.И., Белюченко И.С. Информационно-энергетическая оценка состояния тяжелых металлов в компонентах агроландшафта. - М.: РГАУ-МСХА, ВНИИА, 2015. - 398 с.
3. Кирейчева Л.А., Глазунова И.В. Новые органоминеральные сорбент-мелиоранты для детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами// Доклады РАСХН. – 1994. - №4. - С. 16-18.
4. Мезин В.А., Фикина Н.В. Использование биоремедиации для очистки нефтезагрязненных почв в условиях Кольского севера, 5-я Международная конф. «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленности и сельскохозяйственного производства». - Краснодар, 2017. - С. 70-75.
5. Окорков В.В. Влияние фосфогипса на поведение стронция и тяжелых металлов при мелиорации солонцов, 5-я Международная конф. «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленности и сельскохозяйственного производства». - Краснодар, 2017. - С. 107-112.
6. Панов Н.П., Савич В.И., Крутилина В.С. Экологически и экономически обоснованные модели плодородия почв. - М.: РГАУ-МСХА, ВНИИА, 2014. - 380 с.
7. Савич В.И., Кауричев И.С., Шишов Л.Л. Окислительно-восстановительные процессы в почвах, агрономическая оценка и регулирование. - Кустанай, 1999. - 404 с.
8. Савич В.И., Федорин Ю.В., Химина Е.Г. Почвы мегаполисов, их экологическая оценка, использование и создание (на примере г. Москвы). - М.: Агробизнесцентр, 2007. - 660 с.
9. Савич В.И., Седых В.А. и др. Экологические факторы стоимостной оценки земель. - М.: РГАУ-МСХА, 2011. - 280 с.
10. Савич В.И. Использование электромагнитных полей с заданной информацией для оптимизации системы почва-растение// Международный с.-х. журнал. – 2017. - №3. - С. 49-51.
11. Савич В.И., Белопухов С.Л., Торшин С.Л. Агроэкологическая оценка органоминеральных и комплексных соединений почв. - М.: РГАУ-МСХА, Иркутск: Метапринт, 2018. - 350 с.
12. Савич В.И., Белопухов С.Л., Гришина Е.А. Агроэкологическая оценка применения гуматов с заданными свойствами. – Иркутск: Метапринт, 2017. - 220 с.
13. Савич В.И., Белопухов С.Л., Филиппова А.В., Никиточкин Д.Н. Новые методы очистки почв от тяжелых металлов// Известия Оренбургского ГАУ. - 2013. - С. 324-328.
14. Седых В.А., Савич В.И., Балабко П.Н. Почвенно-экологический мониторинг. - М.: ВНИИА, 2013. - 584 с.
15. Фокин А.Д., Торшин С.П., Бабиева Ю.М. и др. Поступление в растения  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  с поверхности почвенных агрегатов и из внутреннего пространства// Почвоведение. – 2014. - №2. - С. 1416-1425.
16. Шнее Ю., Беловолов А.А. Использование современных материалов при рекультивации полигонов твердых бытовых отходов на примере рекультивации полигона Саларьево в Московской области, 5-я Международная конф. «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленности и сельскохозяйственного производства». - Краснодар, 2017. - С. 137-142.
17. Шоба С.А., Степанов А.А., Салимгареева О.А. Ремедиация техногенно деградированных городских почв с использованием гуматов, в сб. «Генезис, диагностика и предотвращение экологических кризисов». - М.: МГУ, 2017. - С. 113-126.

## WAYS OF OPTIMIZATION DURING SOILS AND LANDFILLS POLLUTION WITH TOXICANTS

V.I. Savich., V.A. Raskatov, I.I. Tazin, V.V. Gukalov

RSAU-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazeva ul. 49, 127434 Moscow, Russia,

e-mail: savich.mail@gmail.com, raskatow@list.ru, 8910009410@mail.ru

Methods are proposed for optimizing the environment when contaminated soils and dumping grounds are heavy metals, petroleum products and radioactive elements. When creating alkaline and carbonate barriers, the content of water-soluble compounds Fe was reduced from  $2.3 \pm 0.1$  to  $0.6 \pm 0.01$  mg/l; MP - from  $0.2 \pm 0.1$  to  $0.06 \pm 0.01$ ; Zn - from  $0.6 \pm 0.1$  to  $0.1 \pm 0.01$ . The content of water-soluble forms correlated with the content of mobile forms ( $X_2$ ) and did not correlate with the content of acid-soluble forms.

A decrease in the migration of heavy metals, phosphorus,  $^{90}\text{Sr}$ , and  $^{137}\text{Cs}$  was established when the zeolite was applied into the soil. For the absorption of petroleum products, the introduction of hydrophobised highmoor peat into the soil is recommended. The introduction of the sorbent in a dose of 30 t/ha almost completely absorbed heavy metals, anti-icing agents, peat layers at a depth of 20-25 cm prevented the rise of salts to the surface.

The feasibility of creating precipitation centers of  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MnO}_2$  to reduce the mobility of heavy metals has been shown. At the same time, Eh mV in HSE changed when  $\text{MnO}_2$  was introduced in chernozem from 313 to 350 mV, the content of water-soluble Fe was from 11.9 to 5.5; in chestnut soil - from 29.4 to 14.3 mg/l. It is proposed to remove heavy metals from the soil by means of electromelioration. The features of the biological treatment of soils and phytomelioration are considered. The covering of landfills with soil with given sorption properties and the creation of geochemical barriers packages selective for the absorption of individual toxicants are proposed.

Contamination of soil and landfill soils, barriers, heavy metals, migration, copper, zinc, iron, phosphorus,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , electromelioration.