

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОКЛАДЫ

РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
НАУК

МАЙ - ИЮНЬ

2009

3

УДК 631.445.4:669.018.674

ДЕТОКСИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМНЫХ И ДРЕВНЕАЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ*

Л.В.Кирейчева¹, доктор технических наук, А.В.Ильинский², кандидат сельскохозяйственных наук,
В.М.Яшин¹, кандидат технических наук, Нгуен Суан Хай³, доктор сельскохозяйственных наук
(Представлено академиком Россельхозакадемии Б.М.Кизяевым)

¹Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н.Костякова, 127550, Москва

²Мещерский филиал Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н.Костякова,
390021, Рязанская область

³Hanoi University of Natural Science, 334 Nquen Trai, Thanh, Hanoi

E-mail: vniigimjashin@mail.ru

Показано, что в качестве сорбентмелиорантов для детоксикации загрязненных тяжелыми металлами выщелоченных и оподзоленных черноземов Рязанской области эффективно применение сапропеля и смесей на его основе, а для древнеаллювиальных почв Вьетнама – естественных бентонитов.

Ключевые слова: почвы, тяжелые металлы, детоксикация

Загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ) характерно как для индустриально развитых, так и развивающихся стран. По данным Р.М.Алексахина [1], в России площади почв, загрязненных тяжелыми металлами, составляют 3,6 млн га. Во Вьетнаме загрязнение почв происходит в зонах влияния заводов, индустриальных городов и в результате интенсивного применения минеральных и органических удобрений при выращивании овощной продукции. Овощи загрязнены свинцом, мышьяком и ртутью [2].

Для снижения концентрации загрязняющих веществ предложены комплексы мероприятий, которые можно подразделить на профилактические (снижение или компенсация загрязняющих воздействий) и реабилитационные (ликвидация последствий существующего загрязнения или санация почв) [3]. Одним из направлений санации почв, загрязненных ТМ, является их детоксикация, при которой происходит ослабление или полная нейтрализация токсического воздействия загрязнителей. В настоящее время предложены следующие приемы детоксикации почв: повышение содержания гумуса, внесение различных сорбционных материалов, фосфорных удобрений и снижение кислотности почвы [3]. Метод иммобилизации тяжелых металлов на основе внесения в почву природных сорбентов является перспективным и экологически оправданным, поскольку позволяет получить комплексный эффект, включающий детоксикацию почв, улучшение показателей плодородия и эколого-экономический эффект от применения естественных местных материалов (сапропелей, глинистых отложений, цеолитов, опок, обработанного торфа, подготовленных отходов производства и др.).

Цель работы заключается в обосновании возможности применения местных естественных сорбентов для детоксикации в различной степени загрязненных

тяжелыми металлами почв. Изучали так же способность сорбентмелиорантов поглощать и связывать ТМ в недоступные для растений формы, препятствуя их переходу в сельскохозяйственные растения.

Методика. Вегетационные и полевые опыты проводили на землях с прогрессирующим загрязнением: оподзоленных черноземах юга Рязанской области, подверженных высокому техногенному воздействию, в том числе и за счет выбросов Рязанской ГРЭС [4], и в пригородной к Ханюю (Вьетнам) зоне на древнеаллювиальных почвах, используемых для интенсивных технологий выращивания овощной продукции [2]. В качестве сорбционных материалов исследовали сапрпель, смеси на его основе и бентонит, эффективность которых была установлена ранее проведенными исследованиями на закрытом грунте в теплицах ТСХА и во Вьетнаме [5, 6].

В вегетационных опытах в России использовали сорбентмелиорант СОРЕБЭКС, во Вьетнаме – бентонитовую глину. СОРЕБЭКС представляет собой смесь карбонатного сапрпеля (65 % по массе), цеолита (25 %), сульфата алюминия (10%) и обладает высокими значениями емкости катионного обмена (256 мг-экв/100 г) и удельной поверхности (180 м²/г) [5, 6].

Бентонитовая глина месторождения Кадино провинции Тханхоа имеет следующие характеристики: рН_{KCl} – 7,82, емкость катионного обмена – 57,2 мг-экв/100 г, содержание кальция и магния – соответственно 26,1 и 12,3 мг-экв/100 г, удельная поверхность – 589 м²/г.

В вегетационные сосуды площадью 346 см² помещали почву оподзоленного чернозема: рН_{KCl} – 5,1, содержание гумуса – 5,7 %, Р₂О₅ – 23,5 мг/100 г; К₂О – 19,2 мг/100 г почвы. Было смоделировано четыре категории загрязнения по суммарному индексу – от допустимой до чрезвычайно опасной путем искусственного загрязнения химически чистыми водо-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 08-04-90302-Вьет_а.

растворимыми солями меди, цинка, свинца, кадмия. Сорбент вносили в воздушно-сухую почву и тщательно перемешивали из расчета 3,3 кг/м², что по емкости позволяет сорбировать металлы во всех вариантах загрязнения. Для обеспечения влажности более 0,65 НВ при выращивании овса сорта Восход в течение вегетации проводили поливы, нормы которых рассчитывали по массе почвы.

Древнеаллювиальная почва Вьетнама имеет нейтральную реакцию (рН_{KCl} – 7,45), высокую емкость катионного обмена (20,94 мг-экв/100 г) и содержание питательных элементов от средних до высоких уровней (N – 4,48; P₂O – 4,80; K₂O – 7,74 мг-экв/100 г почвы). Почву искусственно загрязняли до уровня ПДК свинцом, кадмием, мышьяком и ртутью при выращивании зеленой капусты. Опыт включал три варианта: контрольный (принятый агрофон), внесение бентонита нормой 1 и 1,5 кг/м². Выбор ТМ обусловлен повышенным содержанием их в овощах, поступающих на рынок.

В полевом опыте для детоксикации загрязненных оподзоленных черноземов исследовали карбонатный сапропель и удобрительно-мелиорирующую смесь (УМС), состоящую из сапропеля и торфа местного месторождения в равных пропорциях (по массе). Для активизации почвенной микрофлоры и процессов гумусообразования в смесь вносили композицию эффективных микроорганизмов (ЭМ-культура) типа “ЭМ-Нива-1”. Полевой опыт проводили (совместно с О.Б.Хохловой) на мелиоративной системе “Мескино” в ООО “Малинищи” Рязанской области. Почвы участка представлены черноземами оподзоленными, глинистыми, характеризующимися следующими показателями: мощность гумусового горизонта 50-60 см, содержание гумуса 5,8 %, рН_{KCl} – 5,1, P₂O₃ – 12,5 мг/100 г; K₂O – 12,2 мг/100 г. Исследования

проведены на делянках с однолетними (вико-овсяная смесь) и многолетними (овсяница луговая, клевер на сено) травами площадью 20 м² в трех вариантах (контроль – агрофон хозяйства, сапропель, УМС) в 5-кратной повторности. Сорбенты нормой 10 т/га вносили вручную перед культивацией.

Содержание тяжелых металлов определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии.

Результаты и обсуждение. Внесение сорбентов в загрязненные тяжелыми металлами почвы оказало положительное действие на агрохимические свойства почвы и продукционные процессы. Сорбент СОРЕБЭКС связывает подвижные формы тяжелых металлов, препятствуя их переносу в растения. В результате отмечено снижение их концентрации в биомассе овса, которое существенно зависит как от уровня загрязнения почвы, так и от наименования металла (табл. 1). Снижение содержания меди в фитомассе овса закономерно уменьшилось в обратной пропорциональности от уровня загрязнения почвы – от 69,3 % (контроль) до 8,6 % (чрезвычайно опасное), снижение содержание цинка составило 45,4-60,1 %, а при чрезвычайно опасном уровне в почве произошло увеличение его содержания. Воздействие сорбента на иммобилизацию в почве свинца менее значимо и изменялось в пределах 1,6-19,3 %. Также как и по уровню цинка произошло увеличение содержания этого элемента в растениях при чрезвычайно опасном уровне загрязнения почвы. По концентрации кадмия получены неоднозначные результаты, что обуславливает необходимость исследований с применением других сорбентов. По эффективности иммобилизации в почве тяжелых металлов получен убывающий ряд Cu > Zn > Pb. Установлена высокая эффективность воздействия СОРЕБЭКС на продукционные процессы. При внесении сорбента фитомасса на всех вариантах загрязнения почв превышала контроль. При

Табл. 1. Содержание тяжелых металлов в фитомассе овса (мг/кг) и урожайность (г/сосуд)

Вариант	Контроль	Загрязнение почв			
		допустимое	умеренно опасное	высоко опасное	чрезвычайно опасное
Медь					
Почва	7,84	12,64	13,03	11,61	11,41
Почва с СОРЕБЭКС	2,83	6,28	7,15	8,22	10,43
Цинк					
Почва	61,8	124,68	299,00	473,40	455,30
Почва с СОРЕБЭКС	26,93	67,78	116,76	258,06	509,76
Свинец					
Почва	2,69	3,28	3,05	4,92	4,20
Почва с СОРЕБЭКС	2,17	3,18	3,00	4,37	5,36
Кадмий					
Почва	0,54	0,85	1,10	1,65	2,19
Почва с СОРЕБЭКС	0,99	1,01	1,01	2,38	3,41
Урожайность					
Почва	1,19±0,11	1,1±0,07	0,91±0,03	0,66±0,03	0,54±0,02
Почва с СОРЕБЭКС	2,55±0,44	2,5±0,24	2,5±0,28	2,53±0,15	2,5±0,19

Табл. 2. Содержание ТМ в фитомассе однолетних трав, мг/кг

Вариант	Cu	Zn	Pb	Cd
Контроль	4,29	16,11	1,22	0,098
Внесение сапропеля	3,78	16,19	0,77	0,065
Внесение УМС	4,76	16,38	1,15	0,083
ПДК _{корм}	30	50	5	0,3
НСР ₀₅	0,3	0,4	0,1	0,015

этом урожайность увеличилась в зависимости от уровня загрязненности почв на 127-363 %.

В полевых опытах при внесении в почву сапропеля и УМС в дозе 1 кг/м² улучшились агрохимические и агрофизические показатели почвы – восстановился баланс минеральных элементов, снизилась кислотность (с 5,1 до 5,5-5,7), увеличились содержание гумуса (с 5,8 до 6,0-6,2 %) и сумма поглощенных оснований (на 30-60 %). При этом снизилось содержание ТМ в фитомассе однолетних трав (табл. 2). Сапропель, связывая ТМ, уменьшил их подвижность в почве, что обусловило снижение перехода ТМ в растения: меди – на 12 %, свинца – на 37 %, кадмия – на 34 %. УМС оказала иммобилизирующее воздействие только на свинец и кадмий, содержание которых в фитомассе снизилось соответственно на 6 и 15 %. Внесение сапропеля и УМС оказало положительное влияние на урожайность однолетних трав: по сравнению с контролем в первый год она увеличилась соответственно на 28 и 32 %. Урожайность многолетних трав (овсяница + клевер на сено) повысилась на третий год соответственно на 61 и 93 %.

Следовательно, внесение сапропеля оказывает эффективное влияние на иммобилизацию тяжелых металлов в почве и на повышение почвенного плодородия, а внесение УМС в большей степени влияет на повышение урожайности и менее значимо на детоксикацию почв. Вероятно, наличие в УМС эффективных микроорганизмов, стимулирующих микробиологические процессы, препятствует снижению подвижности тяжелых металлов.

Во Вьетнаме использование местной бентонитовой глины на загрязненных тяжелыми металлами древнеаллювиальных почвах привело к снижению концентрации подвижных форм ТМ и мышьяка в поч-

Табл. 3. Аккумуляция мышьяка и ТМ в зеленой капусте, мг/кг

Вариант	As	Hg	Cd	Pb
Контроль	<0,2	0,07	0,47	0,50
Внесение бентонита, кг/м ² :				
1,0	<0,2	<0,05	0,23	0,23
1,5	<0,2	<0,05	0,38	0,39
ПДК	0,2	0,02	0,03	0,50

ве во всех вариантах. При этом содержание мышьяка, ртути и свинца было ниже ПДК, а концентрация кадмия выше, однако она снизилась по сравнению с контролем на 8,8 и 24,0 % при внесении бентонита соответственно в дозе 1,0 и 1,5 кг/м². Содержание в зеленой капусте ртути по сравнению с контролем снизилось на 29 % при обеих дозах, кадмия – на 19,2 и 51,0 %, свинца – на 54 и 22 % (табл. 3). Урожайность по этим вариантам повысилась соответственно на 16,3 и 9,6 % при урожайности в контроле 71,0 г/сосуд.

Таким образом, вегетационные и полевые опыты показали высокую эффективность применения сапропеля, смесей на его основе и бентонита для детоксикации черноземных почв Рязанской области и древнеаллювиальных почв Вьетнама. Внесение сорбционных материалов позволяет не только снизить поступление тяжелых металлов в растениеводческую продукцию, но и повысить урожайность сельскохозяйственных культур.

Литература. 1. *Алексахин Р.М.* О концепции "Воздействие техногенеза на сферу агропромышленного производства, ее охрана от техногенного влияния и производство экологически чистой продукции" // Сб. матер. науч. сессии Россельхозакадемии (27-29 июня 2003 г.) "Проблемы техногенного воздействия на агропромышленный комплекс и реабилитация загрязненных территорий". - М.: Россельхозакадемия, 2003. 2. *Нгуен Суан Хай.* Загрязнение почв и овощной продукции кадмием в условиях Ханойской области Вьетнама // *Агрохимический вестник.* - 2006. - № 6. 3. *Методические рекомендации по мероприятиям для предотвращения и ликвидации загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами.* - М.: Россельхозакадемия, ВНИИГиМ, 2005. 4. *Мажайский Ю.А., Торбатов С.А., Дубенко Н.Н., Пожогин Ю.П.* Агроэкология техногенно загрязненных ландшафтов. - Смоленск: "Маджента", 2003. 5. *Кирейчева Л.В., Яшин В.М., Нгуен Суан Хай.* Детоксикация загрязненных почв // *Земледелие.* - 1995. - № 4. 6. *Кирейчева Л.В., Глазунова И.В.* Методы детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами // *Почвоведение.* - 1995. - № 4.

Поступила в редакцию 16.12.08

Kireycheva L.V., P'inskii A.V., Yashin V.M., Nguen Suan Hay. *Experimental research on soil detoxication from heavy metals for leaching chnozems and ancient alluvium soils using sorbing materials*

Paper shows the efficiency of sapropels and sapropel basing mixtures and natural bentonite clay application for detoxication of leaching chnozems near Riazan and ancient alluvium soils in Vietnam.