

**РОЛЬ БЕЛОГО ШЛАМА В СНИЖЕНИИ ТОКСИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ
ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ**
**Impact of white slag on reducing toxic effect of heavy metals
on yield and amount of barley grain**

Ю. Г. Байкенова, старший преподаватель кафедры агрохимии, земледелия и агроэкологии
Уральского государственного аграрного университета
(г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42)

Рецензент: Н. В. Кандаков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Аннотация

Внесение белого шлама (БШ) на загрязненной свинцом и кадмием почве приводит к значительному снижению содержания их подвижных форм, что свидетельствует о высокой сорбирующей способности рекультиванта. Внесение БШ снижает токсическое действие тяжелых металлов (ТМ), однако уровень урожайности в вариантах с БШ не превышает контрольного варианта или ниже, чем в нем. Применение белого шлама должно сопровождаться дополнительным внесением минеральных удобрений для восполнения основных элементов питания растений, поглощенных сорбентом. Применение БШ на техногенно загрязненных почвах в дозах 15 и 30 т/га в качестве сорбента играет положительную роль, обеспечивая увеличение буферности почв по отношению к тяжелым металлам и получение экологически безопасной продукции.

Ключевые слова: экотоксикология, загрязнение, рекультивация почв, тяжелые металлы, белый шлам.

Summary

Using white slag on soil contaminated with lead and cadmium results to significant reduce of content of their active forms, it is an evidence of high sorbing ability of a recultivant. Application of white slag reduces toxic effect of the heavy metals, but the yield in variants with white slag is not greater than in the control one or even lower. It is recommended to use the white slag together with additional application of mineral fertilizers for compensating basic plant nutrients absorbed by a sorbing agent. Using the white slag on technogenically polluted soil in a dose of 15–30 tons per hectare as a sorbent has a positive effect contributing the increase of soil buffering capacity in relation to heavy metals and the produce ecologically safe crops.

Keywords: ecotoxicology, pollution, soil recultivation, heavy metals, white slag.

В результате многолетней промышленной, сельскохозяйственной и бытовой деятельности на Урале, особенно вблизи крупных промышленных городов, образовались обширные очаги антропогенного загрязнения почв. В районах рудодобывающих и перерабатывающих химико-металлургических предприятий, а также возле крупных транспортных путей загрязнение почв имеет преимущественно техногенную природу и представлено накоплениями различных химических элементов [5]. Среди загрязняющих веществ антропогенного происхождения большую опасность представляют тяжелые металлы. Среди приоритетных загрязнителей почв значительное место занимают кадмий и свинец. Накапливаясь в почвах, а затем и в растениях, ТМ снижают плодородие почв, урожайность культур и определяют токсичность сельскохозяйственной продукции для животных и человека [7]. Поэтому большой интерес представляет изучение различных мелиорантов, снижающих поглощение токсических элементов растениями [1, 2, 3].

Цель исследования: изучение белого шлама в качестве сорбента на почве, загрязненной свинцом и кадмием.

Задачи:

- 1) изучить влияние белого шлама на содержание свинца и кадмия в почве;
- 2) определить влияние белого шлама на урожайность зерна ячменя;
- 3) выявить роль белого шлама в получении экологически безопасной продукции на почве, загрязненной тяжелыми металлами.

Методика исследования. Исследования проводили в полевом опыте (в сосудах без дна), заложенном на экологическом полигоне кафедры агрохимии, земледелия и агроэкологии в п. Студенческий Белоярского района. Для набивки сосудов использовали чернозем оподзоленный тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Агрохимическая характеристика почвы представлена в табл. 1.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы в опыте

Почва	рН	Гумус, %	Нг	S	ЕКО	V, %	N	P	K
			ммоль/100 г				мг/кг		
Чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый	6,2	8,2	5,95	31,2	37,2	84,0	122	87,2	142

По данным таблицы видно, что почва имеет нейтральную реакцию среды, высокую степень насыщенности основаниями, обеспеченность легкогидролизуемым азотом низкая, фосфором и калием – высокая. Площадь сосудов без дна в полевом опыте составила 15 × 15 см, глубина – 25 см, вместимость – 7 кг. Загрязнение свинцом и кадмием моделировали внесением в почву солей металлов: $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ и $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$. Соли вносили в дозах, соответствующих по содержанию свинца и кадмия пяти и десяти ПДК валовых количеств. В качестве сорбент-мелиоранта вносили белый шлам из расчета 15 и 30 т/га. Соли свинца и кадмия предварительно растворяли в дистиллированной воде, затем растворы солей и рекультивант вносили в почву и тщательно перемешивали. Посев проводили семенами ячменя. В каждый сосуд высевали по 20 штук. После появления всходов в каждом сосуде оставляли одинаковое количество растений, а именно по 12 штук. Уборку урожая осуществляли ручную, срезая растения ножницами у поверхности почвы. Растения высушивали, обмолачивали и взвешивали на технических весах. Урожайность зерна ячменя учтена в граммах на сосуд. Полученные данные урожайности обработаны методом дисперсионного анализа. Опыт проведен в шестикратной повторности.

Результаты исследования и их обсуждение. Данные по содержанию валовых и подвижных форм свинца и кадмия в почве приведены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние белого шлама на содержание тяжелых металлов в почве, мг/кг

Вариант	Pb		Cd	
	Вал.	Подв.	Вал.	Подв.
1. Контроль (чистая почва)	25,4	3,6	1,5	0,89
2. Cd (10 ПДК)	21,4	2,6	21,8	5,94
3. Pb (10 ПДК)	334,5	14,7	1,4	0,78
4. Cd + Pb (по 5 ПДК)	178,4	9,2	11,4	3,8
5. Cd (10 ПДК) + БШ 15 т/га	23,4	1,6	19,6	0,87
6. Pb (10 ПДК) + БШ 15 т/га	347,2	4,9	1,2	1,0
7. Cd + Pb (по 5 ПДК) + БШ 15 т/га	167,5	3,8	13,8	0,74

Вариант	Pb		Cd	
	Вал.	Подв.	Вал.	Подв.
8. Cd (10 ПДК) + БШ 30 т/га	15,4	1,6	22,7	0,52
9. Pb (10 ПДК) + БШ 30 т/га	320,6	5,3	1,2	0,67
10. Cd + Pb (по 5 ПДК) + БШ 30 т/га	128,2	4,5	10,9	0,68
ПДК (ОДК)	32,0	6,0	2,0	0,2

По данным таблицы видно, что внесение солей тяжелых металлов ведет к росту уровня загрязнения почвы. Так, содержание валовой формы свинца по сравнению с количеством этого элемента в контрольном варианте увеличилось в 13,2 раза, а кадмия в 14,5 раза и составило 334,5 и 21,8 мг/кг почвы соответственно. Сопоставляя полученные данные с ПДК для этих элементов, можно видеть, что почвы очень сильно загрязнены. Так, содержание валовой формы свинца и кадмия выше ПДК в 10,4 и 10,9 раза соответственно. Содержание валовых форм этих элементов осталось примерно одинаковым независимо от внесенной дозы БШ. При этом сорбент оказал существенное влияние на концентрацию подвижных форм свинца и кадмия. Внесение белого шлама на загрязненной ТМ почве приводит к значительному снижению их подвижных форм. Так, количество свинца в варианте с внесением сорбента в дозе 15 т/га по сравнению с фоновым вариантом (Pb 10 ПДК) снизилось в три раза и составило 4,9 мг/кг почвы. Содержание кадмия от внесения этой же дозы БШ уменьшилось в 6,8 раза и составило 0,87 мг/кг. Увеличение дозы рекультиванта до 30 т/га привело к дальнейшему снижению кадмия до 0,52 мг/кг и к незначительному увеличению свинца до 5,3 мг/кг. Совместное внесение кадмия и свинца по 5 ПДК имеет те же закономерности.

Результаты учета урожайности зерна ячменя представлены в табл. 3.

Таблица 3

Влияние белого шлама на урожайность зерна ячменя, г/сосуд

Вариант	Урожайность, г/сосуд	Отклонения от контроля	
		г/сосуд	%
1. Контроль (чистая почва)	3,1	–	–
2. Cd (10 ПДК)	1,6	–1,5	48,4
3. Pb (10 ПДК)	2,3	–0,8	25,8
4. Cd + Pb (по 5 ПДК)	1,1	–2,0	64,5
5. Cd (10 ПДК) + БШ 15 т/га	1,9	–1,2	38,7
6. Pb (10 ПДК) + БШ 15 т/га	2,5	–0,6	19,0
7. Cd + Pb (по 5 ПДК) + БШ 15 т/га	2,7	–0,4	13,0
8. Cd (10 ПДК) + БШ 30 т/га	2,5	–0,6	19,0
9. Pb (10 ПДК) + БШ 30 т/га	2,9	–0,2	6,0
10. Cd + Pb (по 5 ПДК) + БШ 30 т/га	2,5	–0,6	19,0
НСР ₀₅		0,16	

Загрязнение чернозема оподзоленного тяжелыми металлами достоверно снижает урожайность зерна ячменя. Наибольшую фитотоксичность оказывает кадмий. Так, в варианте с содержанием кадмия 10 ПДК урожайность растений снижается вдвое. Свинец проявляет свою токсичность в меньшей степени. Урожайность в варианте с внесением этого элемента в дозе 10 ПДК на 25,8 % ниже урожая, полученного с контрольного варианта. Наибольший токсический эффект проявляется в варианте с комплексным внесением свинца и кадмия. Здесь урожайность зерна составила только треть от контроля. Внесение сорбента в дозе 15 т/га снижает токсическое действие ТМ, однако уровень урожайности в вариантах с БШ не превышает контроля или ниже, чем в нем. Увеличение дозы БШ до 30 т/га приводит к большей нейтрализации токсикантов.

Результаты анализа растительных образцов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Содержание свинца и кадмия в зерне ячменя, мг/кг сухой массы

Вариант	Содержание в мг/кг сухой массы	
	Pb	Cd
1. Контроль (чистая почва)	0,17	0,013
2. Cd (10 ПДК)	0,21	0,380
3. Pb (10 ПДК)	6,43	0,320
4. Cd + Pb (по 5 ПДК)	3,34	0,250
5. Cd (10 ПДК) + БШ 15 т/га	0,11	0,300
6. Pb (10 ПДК) + БШ 15 т/га	0,39	0,230
7. Cd + Pb (по 5 ПДК) + БШ 15 т/га	0,27	0,045
8. Cd (10 ПДК) + БШ 30 т/га	0,13	0,025
9. Pb (10 ПДК) + БШ 30 т/га	0,42	0,009
10. Cd + Pb (по 5 ПДК) + БШ 30 т/га	0,32	0,015
ПДК	5,0	0,3

Данные таблицы показывают, что загрязнение почвы тяжелыми металлами приводит к накоплению этих элементов в растениях в избыточных количествах, превышающих санитарно-гигиенические нормативы. Так, в варианте с внесением свинца в количестве 10 ПДК концентрация этого элемента в растениях была выше предельно допустимой на 29 %, а в варианте с внесением кадмия – на 27 %. В варианте с совместным внесением свинца и кадмия в дозе по 5 ПДК, несмотря на то, что здесь была самая низкая урожайность – 1,1 г/сосуд, содержание токсичных элементов было не выше ПДК. Внесение БШ в качестве сорбента обеспечивает получение экологически более безопасной продукции при всех изученных в опыте вариантах загрязнения свинцом и кадмием.

Выводы.

1. Внесение белого шлама на загрязненной свинцом и кадмием почве приводит к значительному снижению содержания их подвижных форм, что свидетельствует о высокой сорбирующей способности рекультиванта.

2. Применение БШ снижает токсическое действие ТМ, однако уровень урожайности в вариантах с БШ не превышает контрольного варианта или ниже, чем в нем. Применение белого шлама должно сопровождаться дополнительным внесением минеральных удобрений для восполнения основных элементов питания растений, поглощенных сорбентом.

3. Применение БШ на техногенно загрязненных почвах в дозах 15 и 30 т/га в качестве сорбента играет положительную роль, обеспечивая увеличение буферности почв по отношению к тяжелым металлам и получение экологически безопасной продукции.

Библиографический список

1. Байкенова Ю. Г., Байкин Ю. Л. Эффективность технологий экогеохимической рекультивации почв (ТЭРП), загрязненных тяжелыми металлами (ТМ) // Аграрный вестник Урала. 2015. № 4. С. 10–14.

2. Байкин Ю. Л., Байкенова Ю. Г., Бураев М. Э., Котомцев В. В., Луцкая Л. П., Устич Е. П., Корионов А. А., Бураев А. М. Влияние белого шлама (БШ) на урожайность зеленой массы ячменя и свойства серой лесной почвы при техногенном загрязнении. // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Иркутск : ИрГСХА, 2009. С. 398–401.

3. Байкин Ю. Л., Байкенова Ю. Г., Бураев М. Э., Луцкая Л. П. Агроэкологическая роль белого шлама при загрязнении почв тяжелыми металлами // Стратегия развития российского аграрного образования и аграрной науки в XXI веке : материалы науч.-практ. конф., посв. 70-летию Уральской государственной сельскохозяйственной академии. Екатеринбург, 2010. С. 91–95.

4. Воробейчик Е. Л. Экологическое нормирование токсических нагрузок на наземные экосистемы : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург, 2004.

5. Корнилов А. В., Бадовская Н. И., Волошин А. Е., Куклин Ю. С. Влияние предприятий цветной металлургии на загрязнение атмосферного воздуха и почв города тяжелыми металлами // Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы : материалы II Всесоюз. конф. М., 1988. Ч. 1. С. 100–103.

6. Мерзлая Г. Е., Веледарская Н. И., Полунин С. Ф., Гаврилова В. А., Берсенов Б. Г., Хузин М. А., Зябкина Г. А., Хохлов В. И., Новиков М. Н., Тужилин В. М., Литвак Ш. И., Ладонин В. Ф., Болдырев Н. К., Савенюк Л. М., Слизовская Н. Л., Нестерович И. А., Лежнина А. А., Булыга Н. Л., Овчинникова Т. Г., Кондрашова Т. Н. и др. Научные основы и рекомендации по эффективному применению органических удобрений (по зонам страны) / под ред. Н. З. Милащенко. М., 1991.

7. Первунина Р. И., Зырин Н. Г., Малахов С. Г. Показатели загрязнения системы почва – сельскохозяйственные растения кадмием // Труды института экспериментальной метеорологии. 1987. Вып. 14. С. 60–65.

8. Сёмин А. Н. Эффективное агропроизводство – центральное звено продовольственной безопасности государства // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2007. № 2. С. 8–11.

9. Шакиров Ф. Х., Фисинин В. И., Пристер Б. С., Анненков Б. Н., Архипов Н. П., Быстрых В. В., Боев В. М., Шкуратова И. А., Дроздова Л. И., Тремасов М. Я., Топурия Г. М., Папунди К. Х., Зарипова Л. П., Валеев С. Г., Юнусова Р. М., Лазарев Н. М., Цыгвинцев П. Н., Шилович Т. И., Гилязов М. Ю., Зайсанов Р. Р. и др. Адаптация агроэкоосферы к условиям техногенеза. 2-е изд., доп. Казань, 2006.