

УДК 631.423.3

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СРОКАХ ХРАНЕНИЯ ПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Н. Н. Костюченко¹⁾, А. М. Подлужная¹⁾, А. А. Волчек²⁾

¹⁾*Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, ул. Советских пограничников, 41, 224030, г. Брест, Беларусь, kost-n@rambler.ru*

²⁾*Брестский государственный технический университет, ул. Московская 267, 224017, г. Брест, Беларусь*

Проведена оценка степени загрязнения почвы тяжелыми металлами при длительном хранении подстилочного навоза в полевых условиях. Установлено, что при хранении навоза на протяжении 8 месяцев концентрации никеля, цинка и меди в пахотном слое почвы превышали фоновый уровень, но их численные значения оказались ниже пороговых величин, характерных для загрязненных почв. При хранении навоза в течение 30 месяцев превышения фонового содержания тяжелых металлов в почве не обнаружено.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва; подстилочный навоз; тяжелые металлы; фоновое содержание; пороговая величина.

ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN SODD PODSOL SOILS AT DIFFERENT TIMES STORAGE OF ORGANIC FERTILIZER IN FIELD CONDITIONS

N. N. Kostiuchenko¹⁾, A. M. Podluzhnaya¹⁾, A. A. Volchek²⁾

¹⁾*Polesie Agrarian-Ecological Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, st. Soviet border guards, 41, 224030, Brest, Belarus, kost-n@rambler.ru*

²⁾*Brest State Technical University, st. Moskovskaya 267, 224017, Brest, Belarus*

An assessment was made of the degree of soil contamination with heavy metals during long-term storage of litter manure in field conditions. It was found that when manure was stored for 8 months, the concentrations of nickel, zinc and copper in the topsoil layer exceeded the background level, but their numerical values were below the threshold values characteristic of contaminated soils. When manure was stored for 30 months, no excess of the background content of heavy metals in the soil was detected.

Keywords: soddy-podzolic soil; litter manure; heavy metals; background content; threshold value.

Животноводческие комплексы являются источником загрязнения почвы и других компонентов окружающей среды. Это связано с большой концентрацией поголовья скота на ограниченной площади и образованием огромного количества отходов, в том числе навоза [1]. Подстилочный навоз в своем составе содержит множество органических и минеральных веществ, необходимых для роста и развития растений, а также тяжелые металлы [2], наличие которых является следствием обогащения кормов микроэлементами для повышения продуктивности животных. Попадая в почву, тяжелые металлы накапливаются в ней и образуют высокотоксичные соединения, значительно ухудшающие качество сельскохозяйственных культур [3]. Зачастую хранение органических удобрений осуществляется на пахотных землях, что допускается при соблюдении определенных условий [4]. Исходя из вышесказанного, целью наших исследований являлась оценка степени загрязнения почвы тяжелыми металлами при длительном хранении подстилочного навоза в полевых условиях.

Исследования проводили на территории ОАО «Племзавод Мухавец» Брестского района в окрестностях агрогородка Мухавец. Данное сельскохозяйственное предприятие является профилирующим хозяйством Брестского района в получении племенной продукции животноводства. Почвы сельхозугодий — дерново-подзолистые песчаные легкого гранулометрического состава, типичные для юго-запада Беларуси. Объектом исследований являлись участки пашни, отведенные для хранения двух штабелей подстилочного навоза крупного рогатого скота, различающихся временем хранения — 30 и 8 месяцев, — и размерами — 127×4×1 м (~510 т) и 32×12×1 м (~390 т). Почвенные пробы отбирали в мае 2023 г. с пахотного (0–25 см) и подпахотного горизонтов (25–40 см) внутри контура штабеля навоза после его использования и на различном расстоянии от места его складирования. При хранении удобрения в течение 30 месяцев (~510 т) отбор проб почвы осуществляли на расстоянии 1 м, 2 м, 5 м, 25 м от ранее расположенного штабеля. При хранении навоза в течение 8 месяцев (~390 т) отбор проб почвы проводили на расстоянии 1 м от контура ранее расположенного штабеля.

Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе iCAP 7200 по ГОСТ ISO 22036-2014. Пробоподготовку осуществляли согласно ISO 11466:1995, где в качестве экстрагирующего раствора использовали смесь азотной и соляной кислот в соотношении 1:3.

Длительное хранение подстилочного навоза привело к увеличению валового содержания тяжелых металлов в почве, однако их численные

значения оказались ниже пороговых величин, характерных для загрязненных почв. На основе анализа результатов, полученных при хранении органического удобрения в течение 30 месяцев, концентрации исследуемых элементов в пахотном слое почвы на расстоянии 0–25 м от ранее размещенного штабеля можно расположить в следующем порядке: $Mn > Zn > Pb > Cr > Cu > Ni > Co > Cd$. Максимальные значения концентраций хрома, никеля и кобальта зафиксированы в верхнем слое почвы внутри контура штабеля навоза и составили соответственно 2,93 мг/кг (пороговое значение (ПЗ) = 45,6 мг/кг) 1,81 мг/кг (ПЗ) 21,6 мг/кг), 0,71 мг/кг (ПЗ = 24,1 мг/кг) [5] (таблица).

Валовое содержание тяжелых металлов в почве при длительном хранении подстилочного навоза в полевых условиях

Место отбора	Глубина отбора образца, см	Тяжелые металлы, мг/кг							
		Mn	Zn	Pb	Cr	Cu	Ni	Co	Cd
Хранение подстилочного навоза в течение 30 месяцев (~510 т).									
На месте штабеля	0–25	13,9	8,07	6,12	2,93	1,81	1,81	0,71	0,07
	25–40	4,98	4,23	3,25	1,88	0,62	1,23	0,53	0,02
1 м от штабеля	0–25	13,1	8,12	5,74	2,53	2,11	1,27	0,60	0,07
	25–40	3,78	4,08	2,36	1,36	0,88	1,02	0,36	0,01
2 м от штабеля	0–25	11,8	7,12	5,15	2,17	1,64	1,22	0,50	0,06
	25–40	3,47	2,19	1,61	1,15	0,32	0,79	0,31	н.о
5 м от штабеля	0–25	13,5	7,43	4,08	1,54	1,12	1,05	0,38	0,05
	25–40	4,56	5,98	1,65	0,69	0,24	0,50	0,21	0,01
25 м от штабеля	0–25	12,1	6,20	4,38	1,47	0,70	0,91	0,38	0,05
	25–40	4,32	2,58	2,21	0,90	0,23	0,59	0,28	0,01
Хранение подстилочного навоза в течение 8 месяцев (~390 т).									
На месте штабеля	0–25	40,8	42,7	4,43	5,15	15,69	3,95	0,84	0,07
	25–40	43,0	20,9	4,52	5,23	11,79	3,87	0,87	0,07
1 м от штабеля	0–25	61,0	17,3	5,56	2,86	3,29	2,78	0,76	0,07
	25–40	38,1	10,3	3,12	2,59	1,32	3,34	0,83	0,02
Фоновое содержание		115,2	12,65	5,98	5,55	2,52	1,80	1,10	0,18
Пороговые значения содержания для земель с/х назначения		1220	72,2	35,6	45,6	28,3	21,6	24,1	0,95

Примечание. Н. о – не обнаружено.

По мере увеличения расстояния от контура штабеля навоза концентрации тяжелых металлов в почве постепенно снижались и при удалении на 25 м составили: хрома — 1,47 мг/кг, никеля — 0,91 мг/кг, кобальта — 0,38 мг/кг, что в среднем в 2 раза ниже, чем внутри контура

штабеля навоза. Однако, необходимо также отметить, что численные значения исследуемых элементов на расстоянии 5 и 25 м от контура штабеля незначительно отличались. Содержание кадмия в пахотном слое почвы в месте хранения навоза и в 1 м от него находилось на одном уровне и оказалось равным 0,07 мг/кг (ПЗ = 0,95 мг/кг), концентрации меди варьировали от 1,81 до 2,11 мг/кг (ПЗ = 28,3 мг/кг), цинка — 8,07–8,12 мг/кг (ПЗ = 72,2 мг/кг). При удалении на расстояние 25 м от штабеля отмечено снижение содержания в пахотном слое цинка в 1,3 раза, кадмия в 1,4 раза, меди в среднем в 2,8 раз. Марганец характеризовался относительно равномерным распределением, его количество в пахотном слое почвы на исследуемом расстоянии составило 11,8–13,9 мг/кг (ПЗ = 1220 мг/кг). Концентрация свинца в почве в месте хранения навоза оказалась 6,12 мг/кг и незначительно превышала уровень фона для дерново-подзолистых песчаных почв (5,98 мг/кг) [6]. В то же время на расстоянии 5–25 м его содержание находилось на уровне 4,08–4,38 мг/кг, т. е. в 1,5 раз ниже.

В подпахотном горизонте количество тяжелых металлов меньше по сравнению с пахотным: никеля и кобальта в среднем в 1,6, хрома в 1,8, цинка в 2,2, свинца в 2,4, меди в 3,6, кадмия в 5,1 раз. Четкого снижения их концентраций с увеличением расстояния от контура штабеля навоза в почве на глубине 25–40 см не выявлено.

Внутри контура штабеля навоза, хранившегося в полевых условиях на протяжении 8 месяцев, зафиксировано превышение в пахотном горизонте почвы содержания никеля в 2,2, цинка — в 3,4, меди — в 6,2 раза по сравнению с фоновыми значениями. На расстоянии 1 м от контура штабеля концентрации данных элементов в верхнем слое почвы снизились, однако их содержание оказалось в 1,3–1,5 раз выше фона [6]. При этом полученные значения не выходили за пределы установленных экологических норм. В то же время в подпахотном горизонте почвы на месте удаленного штабеля навоза фоновый уровень цинка был превышен в 1,6, никеля 2,2, меди в 4,6 раз. Более высокие концентрации тяжелых металлов при меньшем сроке хранения органического удобрения, вероятно, обусловлены почвенными условиями. В результате хранения навоза в полевых условиях на протяжении 8 месяцев верхний слой почвы характеризовался слабощелочной реакцией, что привело к снижению подвижности тяжелых металлов. В то же время при хранении навоза в течение 30 месяцев происходило увеличение его кислотности, а, следовательно, и подкисление верхнего слоя почвы, на которой он хранился, что способствовало миграции тяжелых металлов в нижележащие почвенные слои. Так, при хранении данного органического удобрения в полевых условиях на протяжении 30 месяцев значение

кислотности пахотного слоя почвы оказалось равным 4,79 (рН_{KCl}) в месте хранения и 5,00 — на расстоянии 1 м от контура ранее расположенного штабеля. При хранении штабеля подстилочного навоза в течение 8 месяцев показатель кислотности пахотного слоя составил 7,80 единиц в месте хранения и 7,61 — при удалении на 1 м. Как следует из полученных данных, хранить подстилочный навоз в полевых условиях на дерново-подзолистых песчаных почвах легкого гранулометрического состава рекомендуется не более одного года.

Библиографические ссылки

1. *Кузнецов Е. В.* Переработка отходов животноводческих предприятий // Научные труды КубГТУ. 2019. № 3. С. 864–873.

2. *Обухов А. И., Попова А. А.* Баланс тяжелых металлов в агроценозах дерново-подзолистых почв и проблемы мониторинга // Вест. МГУ. Сер. 17, Почвоведение. 1992. № 3. С. 31–39.

3. *Троц Н. М., Троц В. Б., Обущенко С. В.* Влияние обработки почвы на аккумуляцию тяжелых металлов в пахотном горизонте и фитомассе зерновых культур Самарского Заволжья // Аграрная Россия. 2012. № 12. С. 7–10.

4. *Шаршунов В. А.* Органические удобрения из отходов животноводства и птицеводства. Минск : Мисанта, 2021. С. 227.

5. Экологические нормы и правила ЭкоНиП 17.03.01-001-2021. Охрана окружающей среды и природопользование. Земли (в том числе почвы). Нормативы качества окружающей среды. Дифференцированные нормативы содержания химических веществ в почвах и требования к их применению. Введ. 01.07.2022. Минск : Минприроды, 2021. С. 8.

6. *Михальчук Н. В., Мялик А. Н.* Фоновое содержание тяжелых металлов и микроэлементов в почвах и растительности юго-запада Беларуси как основа для сравнительных оценок при производстве органической продукции на основе принципов зеленой экономики // Эколого-географические проблемы перехода к зеленой экономике. Минск : СтройМедиа-Проект, 2019. С. 266–781.