

УДК 631.147:502.55

DOI 10.19110/1994-5655-2021-5-88-91

Л.В. ПИЛИП*, **Н.В. СЫРЧИНА****,
Т.Я. АШИХМИНА***

ПРОМЫШЛЕННЫЕ СВИНОКОМПЛЕКСЫ КАК ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

**Вятский государственный
агротехнологический университет,
г. Киров*

***Вятский государственный университет,
г. Киров*

****Институт биологии
ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

*pilip_larisa@mail.ru,
nvms1956@mail.ru*

L.V. PILIP*, **N.V. SYRCHINA****,
T.YA. ASHIKHMINA***

INDUSTRIAL PIG FARMS AS SOURCES OF ENVIRONMENTAL POLLUTION WITH HEAVY METALS

**Vyatka State Agrotechnological University,
Kirov*

***Vyatka State University,
Kirov*

****Institute of Biology, Federal Research Centre
Komi Science Centre, Ural Branch, RAS,
Syktuyvkar*

Аннотация

В статье представлены результаты исследования содержания тяжелых металлов в почвах, источником которых являются свиные навозные стоки – отходы промышленных свинокомплексов. Длительное внесение в почвы навозных стоков, содержащих значительное количество цинка и меди, а также малогумусированных органических соединений, может привести к деградации агроземов. Источником поступления в навозные стоки тяжелых металлов (Cu и Zn) являются минеральные добавки для животных. Наиболее выражен эффект накопления у меди как в отношении подвижной, так и валовой форм. Для предотвращения деградации почв, находящихся в районах размещения свинокомплексов, необходима разработка системы нормирования внесения навозных стоков в агроземы с учетом содержания в них тяжелых металлов.

Ключевые слова:

навозные стоки свиноферм, микроэлементы, тяжелые металлы, загрязнение почв

Abstract

The paper presents the results of studies of the content of heavy metals in soils, the source of which is pig manure runoff - waste from industrial pig farms. Prolonged introduction of manure effluents into the soil containing a significant amount of zinc and copper, as well as low-concentration organic compounds, can lead to degradation of agrozems. The source of heavy metals (Cu and Zn) entering the manure drains are mineral additives for animals. The accumulation effect of copper is most pronounced in both mobile and gross forms. To prevent the degradation of soils in the areas where pig farms are located, it is necessary to develop a system for rationing the introduction of manure effluents into agrozems, taking into account the content of heavy metals in them.

Keywords:

pig farm manure effluents, trace elements, heavy metals, soil pollution

Введение

Увеличение нагрузки на окружающую среду за счет интенсификации производства сельскохозяйственной продукции на предприятиях агропромышленного комплекса является актуальной проблемой [1–3]. Особую экологическую опасность представляет основной отход промышленного свиноводства – навозные стоки (НС), расчетный объем которых в РФ в 2020 г. составил около 800 млн. т. В РФ указом Президента утверждена стратегия научно-технологического развития (в редакции от 15.03.

2021 № 143), в которой обозначены приоритетные направления, среди прочих прописан «переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработка и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективная переработка сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания» (<http://kremlin.ru>). Программа ускоренного импортозамещения 2015–2020 гг. была сориентирована на прирост производства продуктов животноводства за счет ввода в эксплуатацию новых промышленных производств и успешно реализована. Производство продуктов животноводства в РФ (скот и птица на убой в живом весе) за 5 лет возросло на 16,6 %, причем в первую очередь за счет развития отраслей свиноводства и птицеводства. Отмечено увеличение показателей на 38,5 и 11,2 % соответственно в данных отраслях (<https://rosstat.gov.ru/folder/11188>). В свиноводстве были реализованы проекты дополнительной мощностью на 1 млн. т в живом весе, а в 2020 г. по сравнению с предыдущим годом производство свинины выросло на 350 тыс. т (+9 %). В период с 2010 по 2019 г. было введено в эксплуатацию и реконструировано 298 объектов, а доля животных выросла до 55 %, с прогнозом увеличения к 2025 г. до 70 % (<https://www.agroinvestor.ru/rating/article/35762>). Однако перечисленные успехи привели к образованию больших объемов отходов животноводческих комплексов. Согласно справочнику ФККО, навоз животных и помет птиц относятся к отходам III, IV и V классов опасности. Наибольшую опасность представляют свежий бесподстилочный навоз свиней, навозные стоки (НС) и помет птиц. Основным методом утилизации данных отходов является внесение их в почву близлежащих к комплексам сельскохозяйственных угодий. В состав стандартных минеральных добавок, используемых в свиноводстве, входят соединения Fe, Zn, Cu, Mn, Se, Co, I [4,5], при этом содержание и соотношение отдельных микроэлементов в различных добавках изменяются в широких пределах и зависят от пола, возраста, назначения животных, состава используемых кормов, условий содержания и технологии откорма [6]. В составе НС в почву поступают тяжелые металлы (ТМ) совместно с широким спектром разнообразных маломумусированных органических компонентов (аминокислоты, амины, индолы, фенолы), что приводит к образованию хорошо растворимых комплексов. Естественные процессы, приводящие к связыванию ТМ в почвах, нарушаются, а миграционная способность экотоксикантов увеличивается.

Цель исследований – изучение влияния навозных стоков на содержание тяжелых элементов в почвах вблизи крупных свинокомплексов для выявления проблемных мест в утилизации данного вида отходов.

Материалы и методы

Пробы почвы (экспериментальные образцы) для проведения исследований отбирали в сентябре 2020 г. на пахотном поле, в которое на протяжении

5 лет в качестве жидкого органического удобрения (ЖОУ) вносились обезвреженные НС. Обезвреживание проводилось путем сепарации на жидкую и твердую фракции и последующего длительного выдерживания (на протяжении 6 месяцев) жидкой фракции в открытых лагунах. Твердая фракция после вылеживания на твердых забетонированных площадках также вносилась в почву в виде твердого органического удобрения. Нормы внесения НС рассчитывались в соответствии с рекомендациями агрохимической службы свиноводческого комплекса. Контрольные образцы почв отбирали на покрытом кустарником участке, расположенном в 150 м от границ пахотного поля. Механический состав почв определяли полевым методом. Согласно результатам, по механическому составу почвы соответствовали средним суглинкам.

Отбор точечных проб проводили на глубину пахотного слоя, согласно ГОСТ Р 58595-2019. Для отбора проб использовали ручной почвенный бур. Отбор проб почвы с контрольных участков производили также ручным буром на такую же глубину. Из точечных проб составляли объединенные пробы массой 500 г. Анализ проб выполняли через 7 суток после отбора. Пробы анализировали по следующим показателям: pH_{H_2O} , pH_{KCl} , содержание органического вещества, содержание Zn, Cu, Pb, Cd. Используемые методы анализа представлены в таблице.

Результаты и обсуждение

Коэффициент усвоения микроэлементов из корма никогда не достигает 100 %. Неусвоенные из кормов микроэлементы попадают с НС в почву, оказывая существенное влияние на баланс и состояние ТМ в окружающей среде. Ситуация усугубляется тем, что практически все НС поступают в почву, расположенные в непосредственной близости от свиноферм, таким образом возникает эффект их концентрирования. С учетом того, что содержание Cu в НС в среднем достигает 20 мг/кг, а Zn – 55 мг/кг [7, 8], ежегодное поступление этих элементов в окружающую среду от свинокомплекса на 108 тыс. голов составит до 8 и 22 т соответственно. При этом вынос Cu с урожаем зерновых находится в пределах 7–20 г/га, вынос Zn – 50–80 г/га. Таким образом для безопасной утилизации 8 т Cu потребуется по крайней мере 400 тыс. га пашни. Содержание ТМ в исследуемых образцах представлено в таблице.

Zn и Cu входят в состав минеральных подкормок для животных. Pb и Cd не относятся к числу биогенных и в состав подкормок не включаются, но присутствуют в НС как загрязняющий компонент кормов. Кислотность и содержание в почвах органического вещества оценивали в связи с тем, что соответствующие показатели могут оказать непосредственное влияние на подвижность ТМ в почвах и последующую эколого-токсикологическую оценку.

Исследуемые экспериментальные образцы почвы характеризуются как сильногумусированные, слабокислые. Внесение НС приводит к аккумуляции в почвах таких элементов, как Cu и Zn, включаемых в состав минеральных добавок для животных. Наиболее выражен эффект накопления у Cu как в от-

Содержание тяжелых металлов в отобранных образцах почвы
The content of heavy metals in the selected soil samples

Показатели	Метод анализа	Экспериментальные образцы		Контрольные образцы	
		Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма
Zn, мг/кг	ФР.1.31.2018.31189	53,85±17,77	3,21±1,07	46,13±15,22	2,88±0,96
Cu, мг/кг	ФР.1.31.2018.31189	20,68±4,76	2,93±0,66	12,03±3,01	1,21±0,30
Cd, мг/кг	ФР.1.31.2018.31189	0,23±0,07	0,08±0,03	0,21±0,06	0,07±0,03
Pb, мг/кг	ФР.1.31.2018.31189	7,79±1,95	0,81±0,20	5,30±1,32	0,54±0,13
pH _{H2O} , ед. рН	ГОСТ 26423-85	6,2±0,1		6,7±0,1	
pH _{KCl} , ед. рН	ГОСТ 26483-85	5,4±0,1		6,2±0,1	
Органическое вещество, %	ГОСТ 26213-91 (метод Тюрина в модификации ЦИНАО)	2,7±0,4		1,6±0,3	

ношении подвижной, так и валовой форм. Следует отметить, что прослеживается некоторая тенденция к накоплению в агроземах Cd и Pb. Контрольные образцы относятся к нейтральным почвам с низкой степенью гумусированности и характеризуются значительно меньшим содержанием ТМ.

Заключение

Систематическое внесение завышенных объемов НС приводит к существенному накоплению в агроземах ТМ. Вероятными источниками поступления ТМ в почву сельскохозяйственных угодий являются сбалансированные по микроэлементам премиксы для животных. Длительное внесение в почвы НС, содержащих значительное количество ТМ и малогумусированных органических соединений, может привести к деградации агроземов, используемых для утилизации отходов свиноводства.

Площадь пахотных земель свинокомплексов должна быть достаточной для внесения всей массы органических удобрений, без причинения вреда окружающей среде. Нормы внесения НС в качестве органических удобрений следует рассчитывать с учетом количества содержащихся в них тяжелых металлов.

Загрязнение окружающей среды отходами животноводческих и птицеводческих комплексов происходит из-за несовершенства применяемых технологий и технических средств. Навоз животных/помет птиц относятся к экономически значимым отходам, переработка которых необходима и целесообразна как с экологической, так и экономической позиций.

Литература

1. Пилип Л.В., Сырчина Н.В. Экологическая проблема отрасли свиноводства // Материалы XIV Международной научно-практической конференции «Аграрная наука – сельскому хозяйству». Барнаул, 2019. С. 193–196.
2. Пилип Л.В., Сырчина Н.В. Новые подходы к дезодорации свиного навоза // Иппология и ветеринария. 2018. № 4 (30). С. 99–106.
3. Снижение эмиссии запахообразующих веществ в условиях промышленных свиноводческих предприятий / Ю.Н. Терентьев, Н.В. Сырчина, Т.Я. Ашихмина, Л.В. Пилип // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 113–120.

4. Использование различных форм микроэлементов в кормлении молодняка свиней / М.Г. Чабаев, Р.В. Некрасов, Н.И. Анисова, В.П. Надеев, А.А. Зорикова // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 3. С. 29–30.
5. Влияние свиного навоза на агроэкологическую характеристику светло-серой лесной почвы / В.И. Титова, Л.Д. Варламова, Р.Н. Рыбин, Т.В. Андропова // Пермский аграрный вестник. 2019. № 3 (27). С. 79–86.
6. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям (ИТС 41-2017 – Интенсивное разведение свиней) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/556173711> (дата обращения 15 октября 2021 г.).
7. Крисанов Д.П., Петин А.Н. Свинохозяйственные отходы и их дальнейшее использование с целью улучшения физико-химического состава почв на примере предприятий Красноярского района Белгородской области // Материалы III Международной науч. экологической конф. «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства». Краснодар, 2013. С. 126–131.
8. Селюкова С.В. Тяжелые металлы в органических удобрениях // Агрехимический вестник. 2016. № 5. С. 47–51.

References

1. Pilip L.V., Syrchina N.V. Ekologicheskaya problema otrasli svinovodstva [Ecological problem of pig breeding industry] // Materials of the XIV Intern. Sci. Pract. Conf. "Agrarian science to agriculture". Barnaul, 2019. P. 193–196.
2. Pilip L.V., Syrchina N.V. Novye podkhody k dezodoratsii svinogo navozа [New approaches to deodorization of pig manure] // Hippology and veterinary medicine. 2018. No. 4 (30). P. 99–106.
3. Snizhenie emissii zapakhoobrazuyushchikh veshchestv v usloviyakh promyshlennykh svinovodcheskikh predpriyatii [Reducing the emission of odorforming substances in the conditions of industrial pig-breeding enterprises] / Yu.N. Terentyev, N.V. Syrchina, T.Ya. Ashikhmina, L.V. Pilip // Theoretical and applied ecology. 2019. No. 2. P. 113–120.
4. Ispolzovanie razlichnykh form mikroelementov v kormlenii molodnyaka sviney [The use of various forms of microelements in the feeding of piglets] // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 3. С. 29–30.

- ious forms of trace elements in feeding young pigs] / *M.G. Chabaev, R.V. Nekrasov, N.I. Anisova, V.P. Nadeev, A.A. Zorikova* // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2013. No. 3. P. 29–30.
5. Influence of pig manure on agroecological characteristics of light gray forest soil / *V.I. Titova, L.D. Varlamova, R.N. Rybin, T.V. Andronova* // Perm Agrarian Bull. 2019. No. 3 (27). P. 79–86.
 6. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям (ITS 41-2017 – Интенсивное разведение свиней) [Information and Technical Handbook on the best available technologies (ITS 41-2017 - Intensive pig breeding)]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/556173711> (accessed October 15, 2021).
 7. *Krisanov D.P., Petin A.N.* Selskokhozyaystvennye otkhody i ikh dalneyshee ispolzovanie s tselyu uluchsheniya fiziko-khimicheskogo sostava pochv na primere predpriyatiy Krasnoyarskogo rayona Belgorodskoy oblasti [Agricultural waste and their further use in order to improve the physico-chemical composition of soils on the example of enterprises of the Krasnoyarskiy district of the Belgorod region] // Proc. of the III Intern. Sci. Ecological Conf. “Problems of recultivation of household waste, industrial and agricultural production”. Krasnodar, 2013. P. 126–131.
 8. *Selyukova S.V.* Tyazhelye metally v organicheskikh udobreniyakh [Heavy metals in organic fertilizers] // Agrochemical Bull. 2016. No. 5. P. 47–51.

Статья поступила в редакцию 28.10.2021.