

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ И ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ МАЛОПРОДУКТИВНЫХ ПОЧВ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Шевченко Виктор Александрович, член-корр. РАН

Соловьёв Алексей Малахович, доктор с.-х. наук

Попова Наталья Петровна, канд. с.-х. наук

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», e-mail: shevchenko.v.a@yandex.ru

Аннотация: Рассмотрено влияние многолетнего применения органических удобрений свиноводческих комплексов в виде твердой фракции навоза (60...80 т/га) и жидких стоков (100...120 м³/га), а также минеральной системы удобрения N₈₅P₄₀K₉₀ на динамику содержания тяжелых металлов в пахотном слое освоенных малопродуктивных ранее мелиорированных земель.

Ключевые слова: малопродуктивные земли, органические удобрения, жидкие животноводческие стоки, тяжелые металлы.

Загрязнение почв органическими и минеральными удобрениями происходит из-за неправильного или избыточного использования их при возделывании сельскохозяйственной продукции или при нарушении правил утилизации отходов животноводческого производства.

Важность изучения проблемы загрязнения сельскохозяйственной продукции тяжелыми металлами определяется тем, что возделываемые культуры и домашние животные находятся на более высоком уровне в пищевой цепи производственного процесса и используются в качестве продуктов питания человека, что приводит к накоплению тяжелых металлов вдоль пищевой цепи и вызывает тяжелые заболевания человека [1].

Следует отметить, что не все тяжелые элементы токсичны, поскольку в эту группу входят медь, цинк, молибден, кобальт и марганец, получившие название микроэлементы и имеющие важное биологическое значение в жизни теплокровных, растений и микроорганизмов [2,3]. Поэтому перечисленные микроэлементы представляют опасность для живых организмов только в тех случаях, когда их содержание в воде и пищевых продуктах значительно превышает предельно допустимые концентрации [4].

Наиболее опасными загрязнителями окружающей среды являются ртуть, мышьяк, свинец, кадмий и цинк, которые являются ядовитыми канцерогенными веществами как для человека, так и для животных.

Интенсивное развитие промышленности и транспорта, а также широкое применение различных и химических препаратов во всех сферах деятельности человека привело к накоплению тяжелых металлов на значительных

территориях, что негативно повлияло на почву, водные объекты, атмосферу, и как следствие, на все живые организмы, что в конечном итоге повысило фоновый уровень биосферы.

Содержание тяжелых металлов в органических удобрениях зависит главным образом от концентрации их в кормах, питьевой воде и медикаментах, а также от дезинфицирующих средств и технической воды, используемой для гидросмыва.

Целью исследования явилось определить влияние на содержание тяжелых металлов различных систем удобрения на освоенных малопродуктивных землях Тверской области.

Место и методика проведения опытов. Исследования проводились в АО «Ручьевское-1» Ржевского района Тверской области в 2012 – 2020 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, мощность пахотного горизонта 16...18 см, осушена открытым дренажем. Исходное содержание в почве (2012 г.): гумуса 1,69...1,83%; P_2O_5 106...109 мг/кг; K_2O 90...100 мг/кг; pH_{KCl} 4,78...4,83.

Почва не использовалась в период с 1994 по 2010 гг., в 2011 г. были проведены культуртехнические работы, а с 2012 г. начато возделывание сельскохозяйственных культур.

Накопление тяжелых металлов при внесении расчётных доз NPK под запланированную урожайность зерна ячменя 40 ц/га изучалось как по фону минеральной, так и органо-минеральной систем удобрения. В качестве органических удобрений использовали твердую фракцию навоза свиноводческого комплекса (40,60 и 80 т/га), которую заделывали осенью под зяблевую вспашку или жидкие стоки (100 и 120 м³/га), которые вносили весной под предпосевную культивацию. Площадь учётной делянки 140 м², посевной делянки 280 м². Размещение вариантов – методом рендомизированных повторений; повторность – 4-х кратная. Схема опыта:

1. Контроль (без удобрений)
2. Минеральная система $N_{55}P_{30}K_{90}+P_{10}$ – при посеве, N_{30} – при подкормке;
3. Твердая фракция навоза 40 т/га+ P_{10} – при посеве, N_{30} – при подкормке;
4. Твердая фракция навоза 60 т/га+ P_{10} – при посеве, N_{30} – при подкормке;
5. Твердая фракция навоза 80 т/га+ P_{10} – при посеве, N_{30} – при подкормке;
6. Жидкие стоки свиноводческих комплексов 100 м³/га+ P_{10} – при посеве, N_{30} – при подкормке;
7. Жидкие стоки свиноводческих комплексов 120 м³/га+ P_{10} – при посеве, N_{30} – при подкормке.

Жидкие стоки свиноводческих комплексов вносили с помощью технологии шланговых систем, которая позволяет заделывать их в почву, что исключает потери газообразного азота. Для внесения твердой фракции навоза использовали ПРТ-10, с помощью которого удобрения разбрасывались по поверхности поля и заделывались в тот же день. Органические удобрения вносили в течении 8-ми летнего периода освоения в качестве основного удобрения под яровые зерновые культуры.

Анализ органических удобрений выполнялся Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору ФГБУ «Тверская межобластная ветеринарная лаборатория».

Тяжелые металлы в жидких стоках и твердой фракции определялись по ГОСТ Р 53218-2008 - Удобрения органические. Атомно-абсорбционный метод определения содержания тяжелых металлов. Отбор и анализ почвенных проб осуществлялся в соответствии с МУ по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства [5].

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа.

Результаты исследований. Нами изучено влияние удобрений на динамику накопления тяжелых металлов в пахотном слое вовлекаемых в оборот залежных земель. Установлено, что минимальное содержание тяжелых металлов в начале интенсивного освоения залежных земель характерно для контрольного варианта без внесения удобрений и равнялось, мг/кг почвы: ртуть - 0,028; мышьяк - 1,37; свинец - 4,52; кадмий - 0,13; медь - 1,72 и цинк - 0,92. Накопление этих элементов отмечено уже после однократного внесения расчетных доз НРК по фону минеральной системы удобрений, где превышение над контролем составило, %: по ртути - 64,3; по мышьяку - 15,3; по свинцу - 76,1; по кадмию - 30,8; по меди 350,6 и по цинку - 42,6% (рис.1, 2).

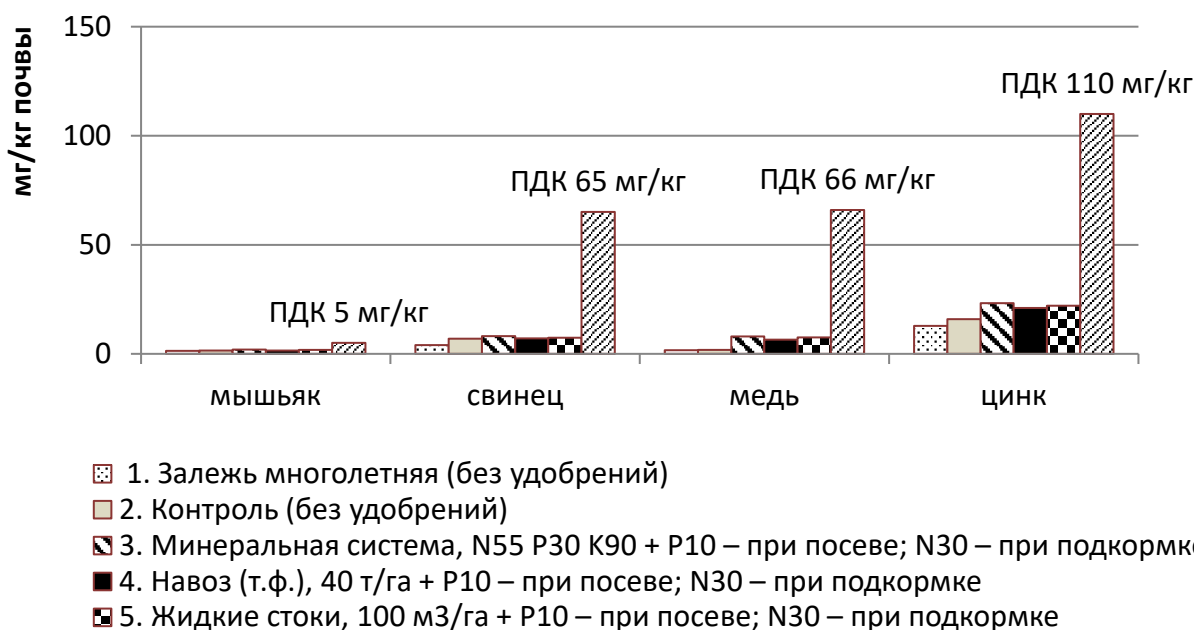


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в пахотном слое почвы при использовании различных систем удобрения, мг/кг почвы

Использование в качестве основного удобрения твердой фракции свиного навоза в сочетании с припосевным внесением фосфорных удобрений (10 кг/га д.в.) и подкормкой азотными удобрениями в фазе колошения – начало цветения (34 кг/га д.в.) вызвало увеличение содержания всех изученных элементов по мере возрастания дозы с 40 до 80 т/га, однако во всех случаях оно было ниже по сравнению с минеральной системой.

Применение жидких стоков также существенно повышало содержание тяжелых металлов в пахотном слое вновь освоенных залежных земель, однако не достигало их накопления относительно фона минеральной системы. В целом, содержание всех тяжелых металлов в начале вовлечения в оборот сельскохозяйственных земель в среднем по опыту находилось в интервале допустимых значений для почв Нечерноземной зоны и существенно ниже требований ПДК, что дает основание отнести все изученные земли к первой эколого-токсикологической группе (содержание тяжелых металлов менее 0,5 ПДК) и считать их пригодными для возделывания всех сельскохозяйственных культур, рекомендованных к выращиванию в Северо-Западном регионе России [6].

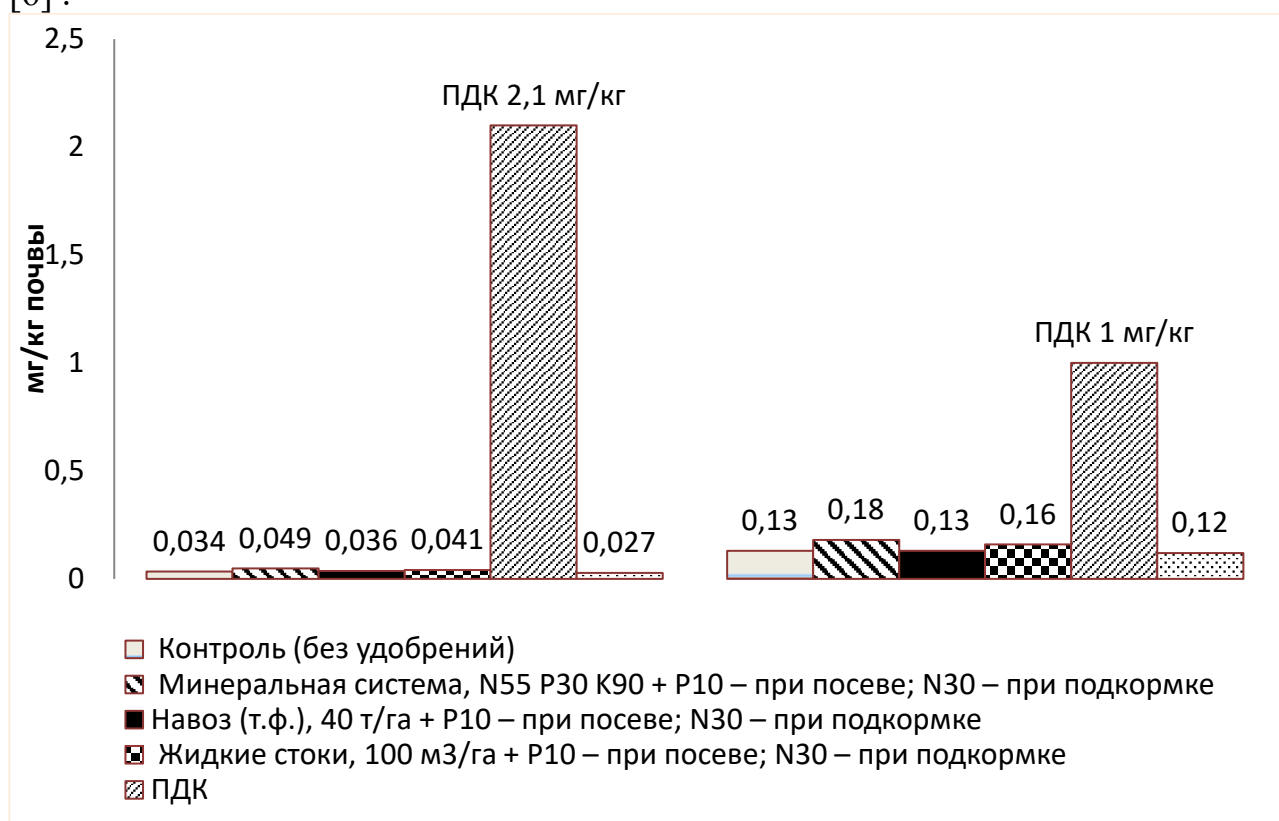


Рис. 2. Содержание ртути и кадмия в пахотном слое почвы при использовании различных систем удобрения, мг/кг почвы

Экологическая нагрузка по сумме накопления изученных тяжелых металлов через восемь лет возросла относительно контроля по всем вариантам на 37,6 – 57,7%.

Вместе с тем следует отметить, что на многолетней залежи, которая на протяжении последних тридцати лет не обрабатывалась, экологическая напряженность составила всего лишь 75,3% от контрольного варианта.

К основным технологическим приемам, снижающим загрязнение вовлекаемых в оборот залежных земель тяжелыми металлами относятся:

- внесение высоких доз извести и ее равномерное распределение по профилю пахотного слоя с помощью безотвальной обработки. Положительное влияние известкования как детоксиканта проявляется при внесении 20-30 т/га, в

результате чего рН снижается до 6,0 – 6,5 ед., а большинство тяжелых металлов образуют труднорастворимые соединения в виде карбонатов и становятся недоступными для корневой системы;

- применение фиторемедиации с помощью посева растений, которые обладают супераккумулятивными способностями по отношению к определенным тяжелым металлам. Среди культурных средоулучшателей можно назвать бобовые травы и их смеси со злаковыми растениями;

- заделка фосфатов в почву. В частности, при внесении диаммонийфосфата наблюдается значительная фиксация тяжелых металлов и переход их из жидкой фазы в твердую – недоступную форму для растений;

- использование высоких доз органических удобрений, которые выступают как отличные поглотители катионов и анионов, повышают буферность почвы, понижают концентрацию солей благодаря высокой реакционной способности, обусловленной значительной емкостью обмена.

Снижение загрязнения почвы тяжелыми металлами при внесении органических удобрений происходит вследствие образования различных органо-минеральных соединений, обладающих низкой растворимостью;

- применение природных цеолитов, которое является не только хорошими сорбентами тяжелых металлов, но и источниками питательных элементов. Так, при внесении цеолита – клиноптололита в почву в дозе 15 т/га увеличивается емкость поглощения на 15-25%, а положительное влияние прослеживается 5-7 лет;

- удаление загрязненного слоя почвы (10-20 см) и его захоронение, взамен которой вносится чистая почва. Эффективно также интенсивное перемешивание верхнего слоя с более глубокими горизонтами с помощью фрез, безотвальных плугов и чизелей.

Выводы. В 2020 г. после систематического 8-ми летнего фонового применения системы удобрений отмечено незначительное увеличение содержания тяжелых металлов в составе пахотного слоя почвы по всем вариантам опыта, однако общая закономерность сохранилась: минимальное накопление отмечено на контроле, максимальное – при использовании минеральной системы. В среднем по опыту без изменения осталось содержание кадмия; недостоверно возросло количество ртути и существенно увеличилось накопление мышьяка, свинца, меди и цинка. Однако, даже при ежегодном внесении высоких доз органических и минеральных удобрений содержание тяжелых металлов в пахотном слое освоенных земель оставалось ниже ПДК, что дает основание использовать данные дозы органических удобрений свиноводческих комплексов как для раскисления, так и для восстановления плодородия малопродуктивных почв, вовлекаемых в оборот.

Библиографический список

1. Сычев В. Г., Цыгуткин А.С. Продовольственная безопасность страны и мониторинг плодородия земель сельскохозяйственного назначения. Под ред. Сычев В.Г. – М.: ВНИИА, 2003. – 196 с.

2. Шевченко В.А. Перспективы производства растениеводческой продукции на мелиорированных землях Нечерноземной зоны России: монография. – М.: ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2017. С. 149-190.

3. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения РФ в 2018 г. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 340 с.

4 Шевченко В. А. Современное состояние выбывших из оборота мелиорированных земель и перспективы их освоения. – М.: 2021. – С. 410.

5. ГОСТ Р 53218-2008 Национальный стандарт российской федерации удобрения органические Атомно-абсорбционный метод определения содержания тяжелых металлов; введ. 2010-01-01. М.: Стандартинформ, 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/1200073052>, свободный.

6. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс] Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/901966754>, свободный.

INFLUENCE OF MINERAL AND ORGANO-MINERAL FERTILIZER SYSTEM ON HEAVY METAL CONTAMINATION OF UNPRODUCTIVE SOILS OF THE NON-CHERNOZEM ZONE

Shevchenko V.A., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences

Solovyov A.M., Doctor of Agricultural Sciences

Popova N.P., Candidate of Agricultural Sciences

FGBNU "VNIIGiM named after A.N. Kostyakov", e-mail:

shevchenko.v.a@yandex.ru

Abstract: The influence of the long-term use of organic fertilizers of pig breeding complexes in the form of a solid fraction of manure (60...80 t/ha) and liquid effluents (100...120 m³/ha), as well as the mineral fertilizer system N85P40K90 on the dynamics of the content of heavy metals in the arable layer of previously developed unproductive reclaimed lands is considered.

Keywords: unproductive lands, organic fertilizers, liquid livestock runoff, heavy metals.